Über den Nährwert des mit Natronlauge unter erhöhtem Drucke aufgeschlossenen Roggenstrohes

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der philosophischen Doktorwürde
der hohen philosophischen Fakultät
der
vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg
vorgelegt von

Karl Altmannsberger
aus Darmstadt.

ACAD.
LUGD BAT.
BIBL.

Halle a. S. 1905.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548112_0178

Meinem lieben Otto Crell

in treuer Jugendfreundschaft!

Der Begriff und die Definition der Landwirtschaft ist durch das Wort selbst gegeben und bedeutet im eigentlichsten Sinne lediglich die Bewirtschaftung des Landes.

Eine nutzviehlose Wirtschaft ist also als ein rein landwirtschaftliches Unternehmen zu erachten, während eine Milchviehhaltung, bei der das gesamte Futter erst gekauft werden muß, also nicht in eigener Wirtschaft erzeugt ist, nicht als ein landwirtschaftliches Unternehmen im engeren Sinne angesehen werden darf.

Die zweckmäßigste Form einer landwirtschaftlichen Unternehmung ist nun aber in den meisten Fällen die systematische Verbindung des Pflanzenbaues mit der Viehhaltung. So weist Jul. Kühn in der Einleitung seines Werkes „Die zweckmäßigste Ernährung des Rindviehes" S. 1 gleich darauf hin, daß die Viehhaltung einer der nutzbringendsten Teile des landwirtschaftlichen Betriebes ist, um so mehr, als ein dauerndes Steigen der Getreidepreise nicht zu erwarten ist, während die Preise der tierischen Produkte eine Steigerung im Laufe der Zeit erfahren haben und trotz der Konkurrenz noch weiterhin erfahren werden. Ein rationeller Betrieb der Viehzucht ist also ein sehr wichtiger Faktor für das Gedeihen des Ackerbaues und für die Rentabilität des gesamten Wirtschaftsbetriebes, und zwar sind die Träger dieser Rentabilität in erster Linie die Abfälle der eignen Wirtschaft, marktlose Produkte, im Gegensatz zu den marktgängigen Produkten, die für den Verkauf gewonnen werden.

Zu diesen marktlosen oder wenigstens eingeschränkt marktfähigen, in der Wirtschaft erzeugten Produkten gehört hier in erster Linie das Stroh, welches wegen der relativ hohen Transportkosten und des relativ geringen Wertes nur einen beschränkten Absatzkreis haben kann.

G. Krafft[1] gibt z. B. an, daß der Wert des Strohes bei einem Preise von 2 M. pro Doppelzentner durch die Transportkosten auf der Landstraße bei 50 km Entfernung schon vollständig aufgezehrt wird. Unter diesen Verhältnissen ist der Landwirt unbedingt darauf angewiesen, das Stroh zum größten Teile in der eigenen Wirtschaft zu verbrauchen. Im nachfolgenden soll nun eine möglichst genaue, auf statistisches Material begründete Berechnung zeigen, um welche Massen es sich bei dem in Deutschland geernteten Stroh handelt.

Tabelle I.

Ungefähre Berechnung der Gesamtstrohernte in Deutschland im Jahre 1902.

Nach: Vierteljahrsheft zur Statistik des Deutschen Reiches, XII. Jahrgang, 1. Heft 1903 S. 61.

Im Jahre 1900	Anbaufläche ha	Körnerertrag Tonnen	Gewichtverhältnis der Körner zum Stroh nach Jul. Kühns Vorlesungen	Strohertrag Tonnen
Winterweizen	1 765 075	3 636 055	100 : 200	7 272 110
Sommerweizen	147 140	264 341	100 : 200	528 682
Winterspelz	311 657	483 121	100 : 150	724 681
Winterroggen	6 016 900	9 342 503	100 : 250	23 356 258
Sommerroggen	137 645	151 647	100 : 200	303 294
Sommergerste	1 644 025	3 100 227	100 : 150	4 650 340
Hafer	4 156 290	7 467 250	100 : 175	13 067 687
				49 903 052

Ohne Berücksichtigung des Ertrages an Wintergerste, Sommerspelz, Einkorn und Emmer beträgt also die Gesamtstrohernte im Jahre 1902

49 903 052 Tonnen.

Da nun hier hauptsächlich das zum Verfüttern bestimmte Stroh in Frage kommt, so soll zunächst festgestellt werden, wieviel Stroh als Streumaterial Verwendung findet und daher von der Verfütterung ausscheidet.

Die Berechnung läßt sich vielleicht in der Art am genauesten anstellen, daß das Gesamtlebendgewicht aller hier in Betracht kommenden landwirtschaftlichen Nutztiere festgestellt wird, danach der Streubedarf berechnet und sodann das durch den Weidegang ersparte Streumaterial abgezogen wird.

Unter den dies behandelnden Tabellen stützt sich II auf amtliches statistisches Material, während III, welche die Feststellung der Dauer des Weideganges bringt, auf Zahlen beruht, die zum Teil aus eigener Anschauung, zum Teil aus Lehrbüchern und zum weiteren aus persönlich eingezogenen Erkundigungen resultieren.

[1] Guido Krafft, Die Betriebslehre, VII. Aufl., S. 84.

Tabelle II.

Berechnung des Gesamtlebendgewichtes aller landwirtschaftlichen Nutztiere in Deutschland.

Nach: Vierteljahrsheft zur Statistik des Deutschen Reiches, Ergänzungsheft zu 1903, I. S. 14, 18, 28, 31, 35.

Die Ergebnisse der Viehzählung am 1. Dezember 1900 im Deutschen Reiche.

	Anzahl der Tiere	Einzelgewicht kg	Gewicht Ztr.	Gesamtgewicht Tonnen
I. Pferde	**4 195 361**			
a) Fohlen unter 1 Jahr	220 483	150†	661 449	
b) 1—2jähr. Tiere	212 488	300†	1 274 928	
c) 2—3jähr. Tiere	204 923	400†	1 639 384	
d) 3—4jähr. Tiere	213 321	450†	1 919 889	
e) 4jähr. und ältere Tiere	3 344 146	500†	33 441 460	
	4 195 361		38 937 110	1 946 855
II. Maultiere und Maulesel	649	250†	3 245	162
III. Esel	7 199	150†	21 597	1 080
IV. Rindvieh	**18 939 692**			
a) Kälber unter 6 Wochen	712 921	55	784 213	
b) 6 Wochen bis 6 Monate	1 320 856	99	2 615 295	
c) Jungvieh bis zu 1 Jahr	2 288 640	164	7 506 740	
d) Jungvieh 1—2 Jahre	2 764 856	285	15 759 679	
e) 2jähr. und älteres Vieh	11 852 419	453	107 382 916	
	18 939 692		134 048 843	6 702 442
V. Schweine	**16 807 014**			
a) unter 6 Monate	8 436 722	35	5 905 705	
b) 6 Monate bis zu 1 Jahr	5 450 542	89	9 701 965	
c) 1jähr. und ältere Tiere	2 919 750	126	7 357 770	
	16 807 014		22 965 440	1 148 272
VI. Schafe	**9 692 501**			
a) unter 1 Jahr	2 686 092	26	1 396 768	
b) 1jähr. und ältere Tiere	7 006 409	44	6 165 640	
	9 692 501		7 562 408	378 120
VII. Ziegen	3 266 997	18†	1 176 119	58 806
				10 235 737

Das Gesamtlebendgewicht aller bei dieser Berechnung in Betracht kommenden landwirtschaftlichen Nutztiere Deutschlands betrug also am 1. Dezember 1900

10 235 737 Tonnen.

Hierbei ist zu bemerken, daß alle Zahlen mit Ausnahme der wenigen mit † versehenen Einzelgewichtsannahmen der amtlichen Statistik entnommen sind, während die bei den Pferden angegebenen Gewichtsverhältnisse sich mit den Zahlen decken, die in Kraffts Tierzuchtlehre verzeichnet sind.[1]

Die weitere Aufgabe ist es nun, den ungefähren Streubedarf zu berechnen. Jul. Kühn gibt in seinen Vorlesungen an, daß für 1000 kg Lebendgewicht pro Tag im Durchschnitt 8 kg Streu gebraucht werden, pro Jahr würde also für 1000 kg $365 \cdot 8 = 2920$ kg $= 2{,}920$ Tonnen Streu in Anrechnung zu bringen sein.

Die tabellarische Ausführung ergab für das Deutsche Reich ein Gesamtlebendgewicht von 10 235 737 Tonnen, so daß also für Einstreu

$$10\,235\,737 \cdot 2{,}92 = 29\,888\,352 \text{ Tonnen Stroh}$$

jährlich verwendet werden müssen.

Die Gesamtstrohernte abzüglich der berechneten Menge, welche für die Einstreu nötig ist, ergibt nun die zum Verfüttern übrigbleibende Menge. Die Ernte an Stroh berechnet sich auf 49 903 052 Tonnen, der Verbrauch an Streu beträgt 29 888 352 Tonnen, so daß zum Verfüttern **20 014 700 Tonnen** verbleiben.

Diese Menge wird jedoch noch erheblich gesteigert durch die Ersparnis an Streu für das auf die Weide gehende Vieh. Die Berechnung dieser Ersparnis stellt sich folgendermaßen dar:

Tabelle III.

Berechnung der Ersparnis an Streumaterial.

	Anzahl der Tiere	Gesamtlebendgewicht Tonnen	Prozentsatz der auf die Weide gehenden Tiere	Dauer des Weideganges Monate	Ersparnis an Streu Tonnen
I. Rindvieh					
Preußen					
Ostpreußen	1 062 244	353 417	90	4,5	566 200
Westpreußen	638 472	229 090	90	4,5	
Stadt Berlin	14 292	5 953	Stall	—	—
Pommern	685 424	262 062	60	4,5	376 300
Brandenburg	828 964	318 491	60	4,5	
Posen	869 488	310 365	40	4	119 200
					1 061 700

[1] Guido Krafft, Tierzuchtlehre, VII. Aufl., S. 202.

	Anzahl der Tiere	Gesamtlebendgewicht Tonnen	Prozentsatz der auf die Weide gehenden Tiere	Dauer des Weideganges Monate	Ersparnis an Streu Tonnen
I. Rindvieh					
Preußen				Übertrag:	1 061 700
Schlesien	1 530 503	551 963	25	1	33 100
Sachsen	778 151	308 916	20	2	29 650
Schleswig-Holstein	899 034	326 468	90	5	352 600
Hannover	1 115 022	404 693	80	5	388 500
Westfalen	661 247	227 803	75	3	123 000
Hessen-Nassau	587 802	196 082	30	1	14 100
Rheinland	1 158 423	391 605	30	5,5	155 100
Hohenzollern	47 906	15 068	50	1	1 800
Königreich Sachsen	688 953	279 486	gering	—	—
Königreich Württemberg	1 021 452	333 362	20	2	32 000
Königreich Bayern					
Oberbayern	474 670	256 676	75	4	184 800
Niederbayern	384 646	161 324	10	3	11 600
Pfalz	148 573	91 016	gering	—	—
Oberpfalz	264 885	131 813	30	1	9 500
Oberfranken	192 987	101 330	40	1	9 700
Mittelfranken	220 923	114 119	20	1,5	8 200
Unterfranken	211 479	124 029	20	1,5	8 900
Schwaben	383 914	183 549	80	5	176 200
Baden					
Konstanz	175 078	63 922	30	2	9 200
Freiburg	203 440	73 518	50	2	17 650
Karlsruhe	117 211	43 101	gering	—	—
Mannheim	156 025	51 127	gering	—	—
Hessen					
Oberhessen	156 978	50 238	15	1	1 800
Rheinhessen	65 594	41 903	gering	—	—
Starkenburg	108 094	25 411	gering	—	—
Mecklenburg-Schwerin	328 709	113 806	90	4	113 500
Mecklenburg-Strelitz	51 899	17 513	90	4	
Thüringische Staaten	359 062	186 991	30	1	13 500
Oldenburg	264 885	94 227	90	6,5	132 300
Braunschweig	123 633	48 862	50	2	11 700
					2 900 100

	Anzahl der Tiere	Gesamtlebendgewicht Tonnen	Prozentsatz der auf die Weide gehenden Tiere	Dauer des Weideganges Monate	Ersparnis an Streu Tonnen
I. Rindvieh				Übertrag:	2 900 100
Anhalt	67 697	30 747	30	3	6 600
Waldeck	31 033	10 089	60	2	2 900
Lübeck	8 542	2 954	gering	—	—
Bremen	16 060	4 747	80	6	5 500
Hamburg	13 443	4 446	90	6	5 800
Elsaß	320 218	111 227	40	2	21 400
Lothringen	171 715	54 431	40	3	15 800
II. Schafe					
Deutschland	9 692 501	377 061	100	7	633 500
III. Schweine in neuer Zeit nur geringer Weidegang					
IV. Ziegen sehr geringer Weidegang					
V. Pferde					
Deutschland					
unter 1 Jahr	220 453				
1—2jähr. Pferde	212 488	178 783	40	4 Monate je ½ Tag	34 300
2—3jähr. Pferde	204 923				
					3 625 900

Bei dieser tabellarischen Berechnung ist zu bemerken, daß bei den Pferden die mehr als drei Jahre alten Zuchttiere nicht berücksichtigt sind. Der gefundene Wert ist daher als Minimalwert anzusehen, da angenommen ist, daß nur 40% aller Pferde bis zum Alter von drei Jahren vier Monate lang halbtägig auf die Weide gehen.

Die Angabe für die Dauer des Weideganges bei den Schafen stützt sich auf G. Krafft (Tierzuchtlehre, VII. Aufl., S. 183), der als mittlere Weidedauer sieben Monate annimmt.

Die Annahme des Prozentsatzes und der Weidezeit bei dem Rindvieh basiert, wie schon erwähnt, zum Teil auf eigener Erfahrung, zum größeren Teile auf eingezogene Erkundigungen.

Die Anzahl der Tiere und das Gesamtlebendgewicht derselben ist der Statistik des Deutschen Reiches entnommen, „Ergebnisse der Viehzählung am 1. Dezember 1900“.[1]

[1] Nach Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reiches, Ergänzungsheft zu 1903, I. S. 14, 46, 54.

Es müßte weiterhin noch die Torf- und Heidestreu, sowie die unökonomische Waldstreu Berücksichtigung finden. Da aber verschiedene An- und Umfragen unbeantwortet blieben, kann eine Berechnung nicht angestellt werden.

Der Konsum an Stroh in den Papierfabriken, der nach fachmännischen Mitteilungen ungefähr 215 000 Tonnen pro Jahr beträgt, wird wohl mit der Strohersparnis sich decken, die durch die Anwendung von Torf-, Wald- und Heidestreu bedingt ist.

Die eingangs zur Einstreu berechneten Mengen müssen nun noch um die Mengen gekürzt werden, die durch den Weidegang erspart sind. An Streumaterial wird also gebraucht:

29 888 352 Tonnen
— 3 625 900 „
26 262 452 Tonnen.

Die Gesamtstrohernte berechnete sich auf 49 903 052 Tonnen, so daß zum Verfüttern also verbleiben:

49 903 052 Tonnen
— 26 262 452 „
23 640 600 Tonnen Stroh.

Diese Kalkulation, Feststellung der Gesamtstrohernte und Berechnung des zum Verfüttern übrigbleibenden Strohes kann und soll keinen Anspruch auf große Genauigkeit machen, sondern nur einen ungefähren Anhalt geben. Die Ausführung, die zum größten Teile auf statistischem Materiale basiert, gibt jedoch immerhin Zahlen, die nicht ganz wertlos sind.

Die Berechnung ist absichtlich ausführlicher angestellt worden. Die Feststellung der Gesamtstrohernte soll den Beweis geben, daß diese Mengen, wenn sie der Landwirtschaft Nutzen bringen sollen, geradezu die Viehhaltung und hier wieder die Haltung der Wiederkäuer bedingen. Es ist schon darauf hingewiesen worden, daß die Hauptträger der Rentabilität dieses landwirtschaftlichen Unternehmens die Abfälle der eigenen Wirtschaft sind, und als solche sind doch in erster Linie die Strohmengen zu nennen, um so mehr, als „eine genügende Gabe an Rauhfutter eine notwendige Bedingung ist, um die Tätigkeit der ersten Mägen zu unterhalten".[1] Die verschiedenen Stroharten finden weiterhin durch die eigenartige Einrichtung der Verdauungswerkzeuge der Wiederkäuer ihre größte Verwertung, werden sie doch durch die chemisch-physiologischen Vorgänge als marktlose Produkte in marktfähige Ware umgewandelt. Die weitere Bedeutung des Strohes und der anderen Rauhfutterarten ist jedoch auch noch durch andere, sehr wesentliche Momente bedingt. So wird eine Verminderung der Verdauung durch sehr wasserhaltiges Futter durch eine angemessene Gabe von Rauhfutter gehoben. Dieses

[1] Nach: Jul. Kühn, Die zweckmäßigste Ernährung des Rindviehes, XI. Aufl., S. 129.

Minimum soll nach Jul. Kühn[1] auf 500 kg Lebendgewicht nicht unter 6 kg betragen. Außerdem ist es nötig, eine angemessene Gabe von stickstofffreien Nährstoffen zu geben, um die wertvolleren Futterbestandteile, das Protein und das Fett, vor der Verwendung zu Respirationszwecken zu schützen. 80—90 % der Trockensubstanz des Rauhfutters bestehen nun aus stickstofffreien Stoffen, und die Lieferung dieser Nährstoffe bedingen gerade den hohen Wert des Strohes jeder Art. Der geringe Gehalt an Protein im Stroh, der durchschnittlich nicht mehr als 3 % beträgt und der noch geringere Fettgehalt kommen nicht sehr in Betracht, um so mehr, als sowohl das Fett als auch das Protein in ihm eine relativ niedrige Verdaulichkeit besitzen. Der Hauptwert des Strohes ist also durch den Gehalt an stickstofffreien Extraktstoffen und an Rohfaser gegeben, Nährstoffe, von denen letztere eine befriedigende Ausnutzung zeigt, insofern als durchschnittlich 56 % sich verdaulich erweisen, während erstere hingegen im Zerealienstroh mit Ausnahme des Gerstenstrohes nur zu 37 % durchschnittlich verdaulich sind. Nach den angestellten Berechnungen verbleiben nun mehr als 20 000 000 Tonnen Stroh zum Verfüttern. Für die Landwirtschaft und hiermit für die gesamte Volkswirtschaft ist es von weittragendster Bedeutung, wenn es gelingt, geeignete Mittel zu finden, um diese großen Mengen verdauungsfähiger, d. h. rentabler zu gestalten.

Es ist naturgemäß, daß man Versuche nach den verschiedensten Richtungen hin angestellt hat, um das Stroh teils schmackhafter, teils verdaulicher zu machen. Das Dämpfen, das Aufbrühen, das Einsäuern und das Selbsterhitzen machen nach den angestellten Versuchen das Stroh wohl schmackhafter, so daß es in größeren Mengen, als es in natürlichem Zustande möglich ist, aufgenommen werden kann, aber die Verdaulichkeit wird nach den in Göttingen damit gemachten Versuchen durch diese Methoden nicht erhöht. Auch mit dem Holz, das eine dem Stroh ähnliche chemische Zusammensetzung zeigt, wurden entsprechende Versuche angestellt. So befeuchtete Wendenburg das Holzmehl mit Salzsäure, erhitzte die Masse und neutralisierte vor dem Verfüttern die Säure durch Soda. Das Resultat entsprach nicht den gehegten Erwartungen, und Dr. E. Ramann bemerkt hierzu treffend: „Solange nicht die Chemie Wege kennen lehrt, die Holzfaser aufzuschließen, so lange wird auch die Holzfütterung ein unerfüllter Wunsch bleiben.“[2]

Auch die Versuche, gemahlenes Reisigholz zu verfüttern, dessen Aufschließung nach Ramann „gewissermaßen aus der Vereinigung eines Maischverfahrens mit der Brühfutterbereitung besteht“,[3] ergaben nicht die gehofften Resultate.

Man hatte keinen Erfolg, weil die Ursachen der geringen Verdaulichkeit nicht erkannt waren, Ursachen, die auf die Verholzung der Zellwände zurückzuführen sind.

[1] Nach: Jul. Kühn, Die zweckmäßigste Ernährung des Rindviehes, XI. Aufl., S. 85.

[2] Nach: Dr. E. Ramann und v. Jena-Cöthen, Holz- und Reisigfütterung, S. 14, Berlin 1890.

[3] Nach: Dr. E. Ramann und v. Jena-Cöthen, Holz- und Reisigfütterung, S. 22, Berlin 1890.

Die chemische Analyse zeigt, daß die sogenannte Holzfaser in der Hauptsache aus Zellulose, Pentosane und Lignin zusammengesetzt ist, Substanzen, von denen speziell die beiden ersten in freiem Zustande hoch verdaulich sind. Es ist ersichtlich, daß der Grundgedanke der Aufschließung aller holz- und strohartiger Stoffe darauf basieren muß, die Holzfaser zu zerlegen, vor allem das inkrustierende Lignin abzutrennen, wofür die moderne Papierfabrikation einen Fingerzeig gibt. Bei dem in den Fabriken angewandten Natronverfahren bleibt aber nur die Zellulose zurück, alle anderen Bestandteile werden gelöst und ausgelaugt. Es mußte ein ähnliches Verfahren gefunden werden, welches das ganze Stroh in ein besser verdauliches Futter umwandelt. Dieses Verfahren ist von F. Lehmann,[1] Göttingen, unter Benutzung der in der Papierfabrikation gemachten Erfahrungen angegeben worden. — Danach werden 100 Teile Stroh oder Spreu mit 200 Teilen Wasser und 2—4 Teilen Ätznatron im Dämpfapparat etwa 6 Stunden lang bei 5 Atmosphären Überdruck gedämpft.

Bei Versuchen mit Haferstroh stieg nach F. Lehmann[1] die Verdaulichkeit der organischen Substanz von 42% im ungedämpften Stroh auf 60% im gedämpften Stroh.

Wenngleich diese Erhöhung des Verdaulichkeitskoeffizienten als eine nutzbringende Errungenschaft für die Landwirtschaft zu bezeichnen ist, so erschien es doch fraglich, ob der relativ sehr große Gehalt an Ätznatron im aufgeschlossenen, also gedämpften Stroh nicht doch mit der Zeit einen ungünstigen Einfluß auf den tierischen Organismus ausübt.

Unter diesem Gesichtspunkte ist in den nachstehenden Versuchen das Verfahren abgeändert, insofern als die Verdaulichkeit bei einem geringeren Drucke und einer wesentlich geringeren Anwendung von Ätznatron festgestellt werden soll.

In einem ungefähr 100 Liter fassenden Autoklaven wurden je 100 Teile Stroh mit 200 Teilen Wasser und 1,5 Teilen Ätznatron bei einem Drucke von 3,5 Atmosphären 6 Stunden lang gedämpft. Das so erhaltene Futter, das nach Prüfung saure Reaktion zeigte, wurde nach dem Erkalten an zwei Hammel verfüttert, die dasselbe gern und willig aufnahmen.

Es liegt nun der Gedanke nahe, vorerst zu versuchen festzustellen, welche chemische Umsetzungen stattgefunden, vor allem aber die im ersten Augenblicke frappierende Erscheinung, die saure Reaktion des Strohes, die nach der Behandlung zu konstatieren ist, begründen zu können. Es ist wahrscheinlich, daß hierbei wohl in erster Linie die in die verdickten Zellen eingelagerte Kieselsäure Umwandlungen erleidet. Die in dem ungedämpften und in dem gedämpften Stroh ausgeführte Bestimmungen der Kieselsäure zeigten tatsächlich, daß der Gehalt von 3,82% auf 2,40% gesunken ist, daß also 1,42% Kieselsäure löslich geworden ist und sich wahrscheinlich mit dem Ätznatron zu Natriumsilikat verbunden hat.

Zu dieser Umsetzung ist also ein Teil des Ätznatrons verbraucht worden; der Rest der Lauge ist an die weiterhin entstehenden organischen Säuren gebunden worden. Es

[1] Nach: Illustrierte landwirtschaftliche Zeitung, Jahrg. 1902 Nr. 68 S. 701.

wurde schon darauf hingewiesen, daß die Rohfaser keinen einheitlichen chemischen Begriff bildet; ihre Hauptbestandteile, Zellulose, Pentosane und Lignin, sind Kohlenhydrate, also organische Verbindungen, die leicht in Säuren übergeführt werden können. — Das Ätznatron löst wohl unter dem Drucke zuerst die „inkrustierenden Substanzen", vor allem das Lignin, um dann bei dem weiteren chemischen Prozesse die sich bildenden organischen Säuren zu binden. Es handelt sich also ferner darum, festzustellen, welche Umwandlungen die einzelnen Bestandteile der Rohfaser erleiden.

Die Bestimmung der Pentosane, die nach Adolf Mayer[1] als Kondensationsprodukte der Pentosen anzusehen sind, wurde von mir nach der im Journal für Landwirtschaft, Bd. 48, 1900, angegebenen Methode von Tollens und Kröber ausgeführt. Die auf Pentosane zu untersuchenden Substanzen wurden mit Salzsäure destilliert und das sich bildende Furfurol durch Phloroglucin als Phloroglucid gefällt nach der Formel:

$$C_5H_4O_2 + C_6H_6O_3 = C_{11}H_6O_3 + 2H_2O$$
Furfurol + Phloroglucin = Phloroglucid + Wasser

Im ungedämpften Stroh wurden 23,09 % Pentosane, im gedämpften Stroh dagegen nur 20,19 % Pentosane gefunden, beides auf den lufttrocknen Zustand berechnet. Hierdurch ist der Beweis gegeben, daß ein Teil der Pentosane eine Umwandlung erlitten hat, vermutlich dergestalt, daß sich Pentonsäuren gebildet, die durch Behandlung mit Natronlauge gespalten wurden in Essigsäure, Buttersäure, Milchsäure, Oxalsäure usw.

Die weitere Zerlegung durch Bestimmung der Zellulose und des Lignins wurde nach König vorgenommen.[2] Durch die Behandlung der Futtermittel mit Glyzerin von 1,230 spezifischem Gewichte unter Zusatz von 2 % konzentrierter Schwefelsäure wird eine fast pentosanfreie Rohfaser gewonnen, aus der sich dann Lignin und Zellulose bestimmen lassen. Der Gang der Analyse ist folgender:

3 g lufttrockene Substanz werden mit 200 ccm Glyzerin unter Zusatz von 2 % konzentrierter Schwefelsäure in einem Autoklaven bei einem Drucke von 3 Atmosphären (137 ° C) eine Stunde lang gedämpft. Nach dem Erkalten wird auf 400—500 ccm verdünnt und nach nochmaligem Aufkochen durch eine durchlöcherte, mit Asbest versehene Porzellanplatte vermittelst der Saugpumpe heiß filtriert. Der auf dem Filter verbleibende Rückstand wird nach der Weender Methode zuerst mit kochendem Wasser, darauf mit Alkohol und Äther ausgewaschen, bis das Filtrat farblos abläuft. — Der in eine Platinschale gebrachte Rückstand wird alsdann bei 105—110 ° C bis zur Gewichtsbeständigkeit getrocknet und gewogen, hierauf verascht und die Schale mit Asbest zurückgewogen. Der Unterschied zwischen beiden Wägungen gibt die Menge der pentosanfreien Rohfaser an.

Da das Lignin durch Alkali leichter gelöst und durch Oxydationsmittel leichter oxydiert wird als Zellulose, so wird eine weitere Probe des mit Alkohol und Äther be-

[1] Nach: Adolf Mayer, Agrikulturchemie, I. Bd., V. Aufl., S. 138.

[2] Nach: Zeitschrift für Untersuchung der Nahrungs- und Genußmittel, Heft 17, VI. Jahrgang.

handelten Rückstandes in ein größeres, ungefähr ein Liter fassendes Becherglas gebracht, mit Wasserstoffsuperoxyd und Ammoniak versetzt. (Das Becherglas muß möglichst groß sein, um bei dem eintretenden Schäumen ein Übersteigen zu vermeiden.)

Wenn die Substanz weiß geworden, erwärmt man noch zwei Stunden und filtriert den Rückstand durch ein zweites Asbestfilter, wäscht aus, trocknet und wiegt, glüht und wiegt wieder. Der Gewichtsverlust gibt die Menge reiner Zellulose, und die Differenz des Gewichtes der pentosanfreien Rohfaser und der Zellulose gibt den Gehalt an Lignin.

Die Rohfaserbestimmung ergab im:

nicht aufgeschlossenen Stroh	aufgeschlossenen Stroh
38,56 %	40,31 % pentosanfreie Rohfaser.

Der nach der Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd und Ammoniak verbleibende Rückstand, die Zellulose, berechnet sich auf:

33,56 % im ungedämpften Stroh und
29,96 % im gedämpften Stroh.

Bei der Behandlung mit Natronlauge bilden sich wahrscheinlich aus dem Lignin Huminstoffe, die in Glyzerinschwefelsäure unlöslich sind; daher ergibt sich bei der Rohfaserbestimmung ein Mehr, welches die Bestimmung des Lignins aus der Differenz unmöglich macht. Nach der Behandlung mit Wasserstoffsuperoxyd und Ammoniak zeigt die Lösung des unbehandelten Strohes eine weingelbe Farbe, während die Lösung des behandelten Strohes dunkelbraun ist; diese viel dunklere Färbung läßt auf die Bildung von Huminstoffen schließen.

Ein Teil der Zellulose kann durch das Dämpfen ebenfalls eine Umsetzung erleiden. Die Möglichkeit der Überführung von Zellulose in Glykose ist zuerst von Gay-Lussac nachgewiesen worden. Durch Kochen im Dampftopfe, ja selbst durch Kochen bei gewöhnlichem Drucke wird eine Verzuckerung pflanzlicher Zellulose herbeigeführt.[1] Nach dem Gesagten ist es wohl anzunehmen, daß ein Teil der Zellulose in Glykose gespalten und diese durch die vorhandene Natronlauge in Milchsäure übergeführt wird.[2]

Durch die Resultate der Zerlegung der Rohfaser und der Bestimmung der einzelnen Bestandteile derselben im ungedämpften und im gedämpften Stroh ist ein, wenn auch nicht absolut sicherer, so doch annehmbarer Beweis für die Umsetzung und Bildung von Säuren gegeben.

Da nach Jul. Kühn[3] „bei Bereitung eines Wasserextraktes aus den Futterstoffen durch Kochen und Digerieren die im Wasser löslichen Bestandteile des Rauhfutters ein relatives Maß bilden für den der Verdauung verfallenden Teil der stickstofffreien Extraktstoffe," so wurde von mir eine Bestimmung des wässerigen Extraktes vorgenommen

[1] Nach: v. Lippmann, Chemie der Zuckerarten, II. Aufl., S. 90.
[2] Nach: Bernthsen, Organ. Chemie, VI. Aufl., S. 298.
[3] Nach: Jul. Kühn, Die zweckmäßigste Ernährung des Rindviehes, XI. Aufl., S. 161.

und genau nach den in der „Vereinbarungen zur einheitlichen Untersuchung und Beurteilung von Nahrungs- und Genußmitteln" vorgeschlagenen Methode ausgeführt.

20 g Stroh mit 400 ccm Wasser wurden auf dem Wasserbade, das einmal Siedetemperatur und bei einer weiteren Feststellung Körpertemperatur hatte, 6 Stunden lang behandelt, die Masse durch ein gewogenes Filter filtriert und so lange mit Wasser nachgewaschen, bis die Menge des Filtrates 1 Liter betrug.

Aus dem getrockneten Filtratrückstande ist alsdann die Extraktmenge berechnet worden. Die Resultate sind durch folgende Zahlen gegeben.

Es gingen in Lösung aus

ungedämpftem Stroh	gedämpftem Stroh
bei 100° C	
10,48 %	20,13 %,
bei 37,5° C	
9,43 %	18,00 %.

Es mag hier nur beiläufig erwähnt sein, daß die bei den Fütterungsversuchen gefundene Erhöhung des Verdaulichkeitskoeffizienten der stickstofffreien Extraktstoffe durch diese Untersuchung ihre Bestätigung findet.

Das bei der Bestimmung des wässerigen Extraktes gewonnene Filtrat ist noch zu anderweitigen Versuchen verwendet worden. Die Prüfung derselben auf Zucker mittelst Fehlingscher Lösung ergab die Abwesenheit reduzierender Stoffe überhaupt, ein Befund, welcher obiger Annahme, wonach die aus der Zelluloſe vermutlich entstehende Glykoſe durch die Natronlauge in Milchsäure übergeführt wird, nicht entgegensteht.

Je 100 ccm des Filtrates des bei Siede- und Körpertemperatur behandelten Strohes wurden weiterhin verwendet, um das in Lösung gegangene Rohprotein und den darin befindlichen Reineiweißgehalt zu bestimmen.

Hierbei zeigte sich, daß in dieser Beziehung das unbehandelte und das behandelte Stroh sich vollkommen gleich verhielten, daß auch die Temperatur des Wasserbades keinen Einfluß hatte. Es fanden sich im Filtrate

1,208 % Rohprotein,
0,604 % Reineiweiß.

Des weiteren wurden die in der Lösung vorhandenen flüchtigen Säuren durch Destillation bestimmt. In je 250 ccm des Filtrates, die mit 25 ccm 20 %iger Phosphorsäure versetzt waren, wurde Dampf eingeleitet, und um ein möglichst gleichbleibendes Volumen zu erzielen, unter die Flasche eine Flamme gestellt. Es hatte sich bei vorhergegangenen Versuchen herausgestellt, daß das Volumen sehr rasch zugenommen und eine vollkommene Destillation aller flüchtigen Säuren selbst bei großen Kolben nicht möglich war, da zum Teil Phosphorsäure überspritzte.

Je 250 ccm des Destillates wurden mit 6 Tropfen Phenolphtalein versetzt und mit Natronlauge titriert. Die Destillation wurde so lange fortgesetzt, bis das Destillat nur noch Spuren von Säuren zeigte.

Der Gehalt an flüchtigen Säuren wurde naturgemäß immer geringer, wie die nachfolgenden Tabellen zeigen. Zur Neutralisierung wurde an Natronlauge gebraucht:

I. Filtrat des bei 100° behandelten Strohes.

a) Unbehandeltes Stroh.

			Kontrolle:
1.	Destillat	3,0 ccm NaOH,	3,3 ccm NaOH
2.	„	2,4 „ „	2,5 „ „
3.	„	2,2 „ „	2,2 „ „
4.	„	1,8 „ „	1,9 „ „
5.	„	1,5 „ „	1,4 „ „
6.	„	1,1 „ „	1,1 „ „
7.	„	0,8 „ „	0,8 „ „
8.	„	0,6 „ „	0,6 „ „
9.	„	0,5 „ „	0,5 „ „
10.	„	0,3 „ „	0,3 „ „
		14,2 ccm NaOH	**14,6 ccm NaOH**

b) Behandeltes Stroh.

			Kontrolle:
1.	Destillat	14,7 ccm NaOH,	15,0 ccm NaOH
2.	„	10,8 „ „	11,7 „ „
3.	„	8,4 „ „	9,8 „ „
4.	„	5,7 „ „	6,4 „ „
5.	„	4,4 „ „	4,1 „ „
6.	„	3,1 „ „	2,6 „ „
7.	„	2,4 „ „	2,2 „ „
8.	„	2,0 „ „	2,0 „ „
9.	„	1,6 „ „	1,5 „ „
10.	„	1,3 „ „	1,3 „ „
11.	„	1,3 „ „	1,1 „ „
12.	„	1,2 „ „	0,8 „ „
13.	„	1,0 „ „	0,6 „ „
14.	„	0,8 „ „	0,4 „ „
15.	„	0,5 „ „	0,4 „ „
16.	„	0,3 „ „	0,3 „ „
		59,5 ccm NaOH	**60,2 ccm NaOH**

Zur Neutralisierung der flüchtigen Säuren im behandelten Stroh wurden 59,5 resp. 60,2 ccm NaOH gebraucht, im Durchschnitt also 59,85 ccm, während für die flüch-

tigen Säuren im unbehandelten Stroh nur 14,2 resp. 14,6 ccm NaOH, durchschnittlich also 14,4 ccm gebraucht worden sind.

Bei der analogen Behandlung des Filtrates des bei 37,5° C behandelten Strohes wurden zur Neutralisierung gebraucht:

a) Im unbehandelten Stroh.

			Kontrolle:
1.	Destillat	3,0 ccm NaOH,	2,6 ccm NaOH
2.	„	2,6 „ „	2,2 „ „
3.	„	2,1 „ „	1,7 „ „
4.	„	1,5 „ „	1,2 „ „
5.	„	1,2 „ „	1,0 „ „
6.	„	1,0 „ „	0,8 „ „
7.	„	0,7 „ „	0,6 „ „
8.	„	0,5 „ „	0,5 „ „
9.	„	0,3 „ „	0,3 „ „
		12,9 ccm NaOH	**10,9 ccm NaOH**

b) Im behandelten Stroh.

			Kontrolle:
1.	Destillat	16,0 ccm NaOH,	16,3 ccm NaOH
2.	„	12,0 „ „	12,2 „ „
3.	„	7,1 „ „	7,2 „ „
4.	„	4,8 „ „	4,9 „ „
5.	„	3,7 „ „	3,6 „ „
6.	„	3,0 „ „	3,2 „ „
7.	„	2,5 „ „	2,4 „ „
8.	„	2,1 „ „	1,7 „ „
9.	„	1,7 „ „	0,9 „ „
10.	„	1,1 „ „	0,8 „ „
11.	„	0,8 „ „	0,6 „ „
12.	„	0,6 „ „	0,4 „ „
13.	„	0,4 „ „	0,0 „ „
		55,8 ccm NaOH	**54,2 ccm NaOH**

Für die Neutralisierung der flüchtigen Säuren im unbehandelten Stroh waren 12,9 resp. 10,9 ccm Natronlauge, durchschnittlich also 11,9 ccm nötig, wogegen für die Neutralisierung der flüchtigen Säuren im behandelten Stroh 55,8 resp. 54,2 ccm, im Durchschnitt 55,0 ccm NaOH verwendet werden mußten.

Diese Berechnungen zeigen, daß in den entsprechenden Filtraten das Verhältnis der vorhandenen flüchtigen Säuren sich rund wie 1 : 4 verhält, daß die verschiedenen

Wasserbadtemperaturen keinen erheblichen Einfluß auf die Lösung derselben ausgeübt hat.

Von der verwendeten Natronlauge, die wegen des sehr geringen Gehaltes an flüchtigen Säuren in den Destillaten noch 10fach verdünnt wurde, waren 43,55 ccm nötig, um 20 ccm halbnormale Schwefelsäure zu neutralisieren. Unter der Annahme, daß die gebildeten Säuren hauptsächlich aus Essigsäure bestehen, berechnet sich der Prozentsatz der in den Lösungen vorhandenen Säuren allgemein nach dem Ansatze

$$\frac{x \cdot 20 \cdot 0{,}006 \cdot 100}{10 \cdot 2 \cdot 43{,}55 \cdot 5}$$

wobei x die gefundene Anzahl der gebrauchten ccm Natronlauge bedeutet. Bei einer Wasserbadtemperatur von 100° C enthält danach die Lösung

des ungedämpften Strohes = 0,39 % Säure als Essigsäure berechnet,
„ gedämpften „ = 1,65 % „ „ „ „

und bei einer Wasserbadtemperatur von 37,5° C berechnet sich der Gehalt an Säure als Essigsäure in dem Filtrat

des ungedämpften Strohes auf 0,33 %,
„ gedämpften „ „ 1,52 %.

Weiterhin wurden noch die in Lösung gegangenen Pentosane und Aschenbestandteile und von diesen die Kieselsäure bestimmt.

Diese Bestimmungen wurden indirekt ausgeführt, indem einmal das nicht extrahierte Stroh und zum weiteren das bei 100° C und bei Körpertemperatur extrahierte Stroh als Ausgangsmaterial diente. Aus der Differenz wurden die obenerwähnten in Lösung gegangenen Bestandteile alsdann berechnet.

Die Pentosanbestimmung hat folgende Resultate ergeben:

im ungedämpften Stroh	im gedämpften Stroh
a) nicht extrahiert	
21,50 %	19,66 %
b) in dem Rückstande des bei Körpertemperatur extrahierten Strohes:	
20,45 %	16,98 %
c) in dem Rückstande des bei Siedetemperatur extrahierten Strohes:	
21,24 %	17,54 %

Durch Subtraktion der jeweilig zusammengehörigen Zahlen ergibt sich die in Lösung gegangene Pentosanmenge; so findet sich in der Lösung des bei Körpertemperatur extrahierten Strohes:

ungedämpft,	gedämpft
21,50 %	19,66 %
— 20,45 %	— 16,98 %
1,05 %	2,68 %

Die analoge Berechnung des bei 100° C aufgeschlossenen Strohes ergibt in der

ungedämpften Menge	gedämpften Menge
21,50 %	19,66 %
— 21,24 %	— 17,54 %
0,26 %	**2,12 %**

Es zeigt sich, daß in den Lösungen des gedämpften Strohes erheblich mehr Pentosane sind, daß also ein Teil der unlöslichen Pentosane durch die Behandlung mit Natronlauge in lösliche Produkte umgewandelt wurde.

Bei dem aufgeschlossenen Stroh ist durch die entstandenen Natriumsalze der Aschegehalt naturgemäß höher als der des nicht aufgeschlossenen Strohes. Dagegen findet sich in dem extrahierten gedämpften und ungedämpften Stroh ein nahezu gleicher Gehalt an Asche. Dies erklärt sich dadurch, daß alle hier in Betracht kommenden Natriumsalze in Wasser löslich sind. Die Resultate sind wie folgt:

ungedämpftes Stroh	gedämpftes Stroh
a) nicht extrahiert:	
5,09 %	6,45 %
b) bei 37,5° C extrahiert:	
3,06 %	3,05 %
c) bei 100° C extrahiert:	
2,75 %	2,68 %

Der Gehalt an Kieselsäure, zu deren Bestimmung immer 4 g Stroh verwendet wurden, ist folgender:

a) nicht extrahiert:	
3,82 %	2,40 %
b) bei 37,5° C extrahiert:	
2,62 %	2,12 %
c) bei 100° C extrahiert:	
2,16 %	1,80 %

Die Resultate zeigen, wie früher schon erläutert wurde, daß durch die Behandlung mit Natronlauge ein Teil der Kieselsäure löslich geworden ist.

Diese vergleichenden Untersuchungen weisen schon darauf hin, daß das mit Natronlauge behandelte, also das aufgeschlossene Stroh, sich höher verwertet, d. h. besser verdaut wird, als das nicht aufgeschlossene, und es erscheint als eine nutzbringende Aufgabe, gedämpftes und ungedämpftes Stroh in ihren Wirkungen auf die tierische Ernährung vergleichend zu untersuchen, um daran anschließend eine Rentabilitätsberechnung folgen zu lassen. Bei den Fütterungsversuchen wurde der übliche Weg eingeschlagen, d. h. die Wirkung des Futters in den verschiedenen Perioden wurde durch den Stick-

stoffumsatz resp. -ansatz gemessen, der sich aus der Differenz der aufgenommenen Stickstoffmengen und der Stickstoffausscheidung im Harn ergibt.

Um den Nähreffekt des aufgeschlossenen Strohes einwandsfrei feststellen zu können, wurden während der ganzen Dauer der Versuche die übrigen Futtermittel, die immer restelos aufgenommen wurden, in gleicher Menge gegeben.

Als Versuchstiere dienten zwei einjährige Hammel einer Southdown-Merino-Kreuzung, die während der Versuche je in einem Käfig derselben Konstruktion gehalten wurden, wie sie von P. Holdefleiß eingeführt und deren Einrichtung von demselben eingehend beschrieben worden ist,[1] so daß hier von einer näheren Erläuterung Abstand genommen werden kann.

Zum Auffangen der Exkremente wurde den Tieren ein Geschirr aus breiten, ledernen Riemen angelegt, an dem Kotbeutel und Harntrichter befestigt waren.

Da bei den früheren Versuchen sich häufig Verluste sowohl an Harn als auch an Kot zeigten, wurden einige Abänderungen getroffen, die sich gut bewährten. Während der ganzen Dauer der Versuche brauchte nicht ein einziger Tag wegen Verluste ausgeschaltet zu werden. — Da die Tiere während der Ruhe sich meist auf die Seite lagern, konnte ein kurzer, hohler Metallkonus, der im Harntrichter angebracht war und der sich eine kurze Strecke in den Gummischlauch fortsetzte, die Tiere nicht weiter belästigen. Der Konus, der an beiden Enden umgebogen war, um einerseits Verwundungen, anderseits ein Durchschneiden des Gummis zu verhüten, war an seinem oberen Ende derart erweitert, daß die Vorhaut bequem hineingelegt werden konnte. Durch diese Neuerung ist auch das Durchspülen des Trichters und des Gummischlauches wesentlich erleichtert.

Durch eine weitere Befestigung des Kotbeutels mittelst zweier Riemen, die an dem breiten Rückenband befestigt wurden, konnten immer noch nicht alle Verluste vermieden werden. Erst durch die Anbringung eines weichen Leders an dem Kotbeutel, das noch einen Teil des Schwanzes umhüllte und das auf der Oberseite desselben vermittelst der an dem Leder angebrachten Haken und Ösen geschlossen wurde, ist es gelungen, jedwede Kotverluste zu vermeiden.

Der Harn wurde morgens abgenommen und beim Auswechseln der Flaschen Harntrichter und Harnschlauch mit 500 ccm destilliertem Wasser ausgespült. Um das Ausscheiden von Krystallen und das Entweichen von Ammoniak zu verhüten, wurden in die gewogene Harnflasche 400 ccm Wasser und 100 ccm 5%ige Schwefelsäure gegeben, so daß also die tägliche Harnmenge mit 900 ccm Wasser und 100 ccm 5%iger Schwefelsäure verdünnt war. Nach dem Abnehmen wurde der Harn sogleich gewogen und von ihm nach gutem Umschütteln ca. 10 ccm zur Stickstoffbestimmung in einen Kolben hineinpipettiert, ebenfalls sofort gewogen und aus dem gewichtsprozentigen Gehalt die täglich im Harn ausgeschiedene Stickstoffmenge berechnet.

[1] Jul. Kühn, Berichte aus dem physiologischen Laboratorium und der Versuchsanstalt des landwirtschaftlichen Institutes der Universität Halle, Heft XIII S. 70.

Der Kotbeutel wurde täglich bei jeder Mahlzeit entleert und die täglich produzierte Kotmenge gewogen. Nach gründlichster Durchmischung wurden 200 g Kot mit 100 ccm 3%iger Weinsäure durchfeuchtet und zur Feststellung der lufttrockenen Substanz getrocknet, hierauf gemahlen und in gut verkorkten Flaschen zur Analyse aufbewahrt. Aus jeder Periode wurde eine Durchschnittsprobe hergestellt, indem von den täglich produzierten Kotmengen proportionale Mengen abgewogen und gut durchmischt wurden.

Zur Bestimmung der Trockensubstanz wurde in einem Trockenschranke bei 100—102° C ein Gramm von der lufttrocknen gepulverten Substanz bis zum konstanten Gewichte getrocknet.

Das Fett wurde durch Extraktion mittelst Äther im Soxhletschen Extraktionsapparate bestimmt.

Das Rohprotein wurde aus dem nach Kjeldahl bestimmten Stickstoff durch Multiplikation mit 6,25 berechnet.

Die Bestimmung des Nichtproteins wurde nach Stutzer vermittelst Ausfällung des Eiweißes mit Kupferhydroxyd ausgeführt.

Die Rohfaserbestimmung geschah nach der Weender Methode in der Holdefleißschen Birne.

Der Aschegehalt wurde in einem Porzellantiegel bei schwacher Flamme bestimmt.

Die stickstofffreien Extraktstoffe berechnen sich aus der Differenz von Trockensubstanz einerseits und der Summe von Rohprotein, Fett, Rohfaser und Asche anderseits.

Sämtliche Zahlen sind die Mittel zweier Analysen, die höchstens um die üblichen Fehlergrenzen differierten.

Das Gewicht der Tiere wurde immer vor der Frühmahlzeit festgestellt, und zwar in den letzten drei Tagen der Vorfütterung und nach Schluß der Hauptfütterung an drei aufeinander folgenden Tagen. Der Durchschnitt der Wägungen wurde als maßgebend angenommen.

Die Temperatur des Versuchsraumes wurde bei jeder Fütterung beobachtet.

Wasser bekamen die Tiere täglich bei der Mahlzeit früh 7 Uhr frisch vorgesetzt und konnten nach Belieben davon aufnehmen. Das aufgenommene Quantum wurde am folgenden Tage alsdann aus der Differenz festgestellt.

Das Kraftfutter, mit wenig Wasser zu einer krümligen Masse angerührt, wurde in einer Schale verabreicht und von den Tieren willig aufgenommen. Die geringen, an den Schalenwänden haftenden Reste wurden mit dem zu gebenden Stroh sorgfältig ausgewischt und auf das Rauhfutter gestreut.

Die Salzgabe (2,5 g pro Tag) wurde dem Kraftfutter beigemischt.

Die Rationen des Rauhfutters für jede Mahlzeit wurden auf einmal in Düten gewogen, indem zugleich eine Durchschnittsprobe zur Analyse genommen wurde.

Die als Beifutter zu gebenden Kartoffeln, die mit dem Rauhfutter vermischt den Tieren vorgesetzt wurden, waren gut aufbewahrt, so daß eine mehrfach aus-

geführte Analyse keine bemerkenswerten Differenzen ergab. Die Mahlzeiten wurden auf 7 Uhr früh, mittags 1 Uhr und abends 7 Uhr festgesetzt und pünktlich innegehalten. Um die Tiere vor jeder unnötigen Störung zu schützen, wurden die Stallräume während der übrigen Zeit möglichst wenig betreten.

Jeder Versuch zerfällt in zwei Perioden, eine Vorfütterungsperiode, die verschieden lang dauerte, zum mindesten aber 10 Tage, und in eine Hauptperiode, die sich auf 2 Wochen erstreckte; während dieser 14 Tage wurden Harn und Kot gesammelt.

I. Periode.

Die Vorfütterung derselben erstreckte sich von Ende März bis zum 21. Mai 1903, da die Tiere erst an einen größeren Strohverzehr gewöhnt werden mußten. Die Annahme, durch die eine oder andere Zubereitungsmethode die tägliche Aufnahme auf 800 g steigern zu können (pro 1000 Pfd. Lebendgewicht = 20 Pfd. Stroh) hat sich nicht bestätigt. Weder das Quetschen noch das Anfeuchten mit Wasser, noch die verschiedene Länge des Strohhäcksels hatten das Ziel erreichen lassen.

Immerhin ist es gelungen, die Tiere zu einer täglichen Durchschnittsaufnahme von mehr als 600 g Roggenstroh zu bringen. Bei einem Durchschnittsgewicht von 80 Pfd. pro Tier ergibt die Umrechnung auf 1000 Pfd. Lebendgewicht eine tägliche Aufnahme von mehr als 15 Pfd. Stroh.

Die Hauptperiode dauerte vom 21. Mai bis 4. Juni. Während dieser Zeit wurden die Futterreste, die in der Hauptsache nur aus Roggenstroh bestanden, da das Kraft- und Beifutter vollständig aufgenommen wurde, täglich gesammelt, gewogen und von einer Durchschnittsprobe die übliche Futtermittelanalyse angestellt.

Beiden Tieren wurden gleiche Rationen verabreicht, und zwar erhielt jedes Tier pro Tag:

100 g Erdnußmehl,
1000 g Kartoffeln,
800 g Roggenstroh.

Die Analysen der Durchschnittsproben ergaben nachstehende Werte:

% iger Gehalt von	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stickstoff	Protein	Fett	Rohfaser	N freie Extrakt-stoffe
Kartoffeln (luft-trocken) . . .	100	91,87	3,20	1,244	7,770	0,23	1,95	78,72
Kartoffeln (frisch) .	32	29,39	1,02	0,398	2,487	0,075	0,62	25,19
Erdnußmehl . .	100	92,55	7,28	7,330	45,81	8,43	8,50	22,53
Roggenstroh (luft-trocken) . . .	100	93,01	5,02	0,500	3,12	1,76	46,48	36,63
Roggenstroh (frisch)	95	88,35	4,76	0,475	2,97	1,67	44,16	34,79

Bei Einsetzung dieser Zahlen ergibt sich folgender Nährstoffgehalt in einer Tagesration:

%iger Gehalt von	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stickstoff	Protein	Fett	Rohfaser	Nfreie Extrakt-stoffe
1000 g frische Kartoffeln . . .	320	293,95	10,20	3,98	24,87	0,75	6,22	251,91
100 g Erdnußmehl	100	92,55	7,28	7,33	45,81	8,43	8,50	22,53
800 g frisches Roggenstroh . . .	760	706,80	38,08	3,80	23,75	13,36	353,28	278,33
verabreicht . .	1180	1093,30	55,56	15,11	94,43	22,54	368,00	552,77

Um die Mengen der aufgenommenen Nährstoffe festzustellen, müssen die in den Resten enthaltenen Nährstoffe in Abzug gebracht werden.

Die täglichen Futterreste, die, wie schon erwähnt, nur aus Roggenstroh bestanden, sind durch folgende Zahlen gegeben:

Datum 1903	Schaf I			Schaf II		
	gabe g	Futterreste g	aufnahme g	gabe g	Futterreste g	aufnahme g
21. Mai . . .	800	190	610	800	157	643
22. „ . . .	800	190	610	800	162	638
23. „ . . .	800	166	634	800	124	676
24. „ . . .	800	186	614	800	101	699
25. „ . . .	800	133	667	800	70	730
26. „ . . .	800	139	661	800	52	748
27. „ . . .	800	177	623	800	96	704
28. „ . . .	800	206	594	800	98	702
29. „ . . .	800	195	605	800	61	739
30. „ . . .	800	160	640	800	32	768
31. „ . . .	800	289	511	800	47	753
1. Juni . . .	800	270	530	800	55	745
2. „ . . .	800	207	593	800	98	702
3. „ . . .	800	150	650	800	137	663
	11 200	2658	8542	11 200	1290	9910
im Mittel	800	190	610	800	92	708

Die analysierten Durchschnittsproben der Futterreste ergaben folgende Werte:

%iger Gehalt	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stick-stoff	Protein	Fett	Rohfaser	Nfreie Extrakt-stoffe
				Futterreste von Schaf I				
Futterreste (luft-trocken)	100	97,94	5,13	0,49	3,07	1,44	49,82	38,48
Futterreste (frisch) . .	97,4	95,40	5,00	0,48	3,00	1,40	48,53	37,47
also sind in 190 g frischen Futterresten	185,06	181,18	9,50	0,91	5,68	2,66	92,21	71,13
				Futterreste von Schaf II				
Futterreste (luft-trocken)	100	97,90	5,15	0,500	3,12	1,18	48,95	39,50
Futterreste (frisch) . .	97,50	95,45	5,02	0,487	3,04	1,15	47,73	38,51
also sind in 92 g frischen Futterresten	89,85	87,95	4,63	0,45	2,81	1,06	43,97	35,48

Die aufgenommene Menge des Futters und seiner Bestandteile ist durch folgende Zahlen gegeben:

%iger Gehalt	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stick-stoff	Protein	Fett	Rohfaser	Nfreie Extrakt-stoffe
				Schaf I				
verabreicht	1180,00	1093,30	55,56	15,11	94,43	22,54	368,00	552,77
Rest	185,06	181,18	9,50	0,91	5,68	2,66	92,21	71,13
aufgenommen . . .	994,94	912,12	46,06	14,20	88,75	19,88	275,79	481,64
				Schaf II				
verabreicht	1180,00	1093,30	55,56	15,11	94,43	22,54	368,00	552,77
Rest	89,85	87,95	4,63	0,45	2,81	1,06	43,97	35,48
aufgenommen . . .	1090,15	1005,35	50,93	14,66	91,62	21,48	324,03	517,29

Die tägliche Kotausscheidung betrug:

Datum 1903	bei Tier I			bei Tier II		
	frisch	lufttrocken		frisch	lufttrocken	
	g	%	g	g	%	g
21. Mai	2 284	23,50	536,74	1 334	37,50	500,25
22. „	1 943	22,25	432,32	1 525	31,00	472,75
23. „	1 471	29,25	430,27	1 733	31,50	545,90
24. „	1 372	34,50	473,34	1 432	32,75	468,98
25. „	1 177	37,25	438,43	1 530	34,50	527,85
26. „	1 315	34,50	453,68	1 700	33,00	561,00
27. „	1 311	38,50	504,74	1 607	33,25	534,33
28. „	1 375	33,25	457,19	1 516	33,25	504,07
29. „	1 546	33,25	483,12	1 606	33,25	534,00
30. „	1 206	33,50	404,01	1 600	33,25	516,00
31. „	1 392	33,25	462,84	1 536	32,75	503,04
1. Juni	1 200	33,25	399,00	1 642	31,25	513,13
2. „	1 160	33,25	408,90	1 858	29,25	543,47
3. „	1 420	35,00	497,00	1 891	30,00	567,30
	20 172	31,64	6381,58	22 510	32,40	7292,07
im Mittel	1 440,85	31,64	455,83	1 607,86	32,40	520,86

Die prozentische Zusammensetzung des Kotes ist folgende:

	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stick-stoff	Protein	Fett	Rohfaser	N freie Extrakt-stoffe
	bei Schaf I							
lufttrocken	100	91,62	9,08	1,23	7,69	1,82	36,93	36,10
frisch	31,64	28,99	2,87	0,39	2,44	0,58	11,69	11,41
	bei Schaf II							
lufttrocken	100	91,93	8,52	1,29	8,06	1,91	37,95	35,49
frisch	32,40	29,79	2,76	0,42	2,63	0,62	12,30	11,48

Die tägliche Gesamtausscheidung im Kote ist also:

	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stick-stoff	Roh-protein	Rohfett	Rohfaser	N freie Extrakt-stoffe
				bei Schaf I				
1440,85 g Kot enthalten	—	417,70	41,35	5,62	35,12	8,36	168,43	164,44
				bei Schaf II				
1607,86 g Kot enthalten	—	478,96	44,38	6,75	42,19	9,97	199,77	182,65

Die Aufnahme durch die Verdauung ergibt sich aus der Differenz der im Futter aufgenommenen und der im Kote wieder zur Ausscheidung gelangten, also nicht resorbierten Nährstoffe. Die Berechnung stellt sich also folgendermaßen:

Schaf I.

	Trocken-substanz	Asche	Stickstoff	Roh-protein	Rohfett	Rohfaser	N freie Extrakt-stoffe
Im Futter aufgenommen	912,12	46,06	14,20	88,75	19,88	275,79	481,64
1440,85 g Kot enthalten	417,70	41,35	5,62	35,12	8,36	168,43	164,44
verdaut	494,42	4,71	8,58	53,63	11,52	107,36	317,20
oder in Prozenten berechnet .	54,20 %	10,23 %	60,42 %	60,42 %	57,95 %	38,93 %	65,86 %

Schaf II.

	Trocken-substanz	Asche	Stickstoff	Roh-protein	Rohfett	Rohfaser	N freie Extrakt-stoffe
Im Futter aufgenommen	1005,35	50,93	14,66	91,62	21,48	324,03	517,29
1607,86 g Kot enthalten	478,96	44,38	6,75	42,19	9,97	199,77	182,65
verdaut	526,39	6,55	7,91	49,43	11,51	124,26	334,64
oder in Prozenten berechnet .	52,36 %	12,86 %	53,96 %	53,96 %	53,59 %	38,34 %	64,69 %

Die tägliche Stickstoffausscheidung im Harn gibt nachstehende Tabelle, in welcher zugleich die zu jeder Mahlzeit beobachtete Stalltemperatur, sowie die tägliche Wasseraufnahme angegeben ist:

Datum 1903	Stalltemperatur morgens ° C	mittags ° C	abends ° C	Wasseraufnahme ccm	Harnausscheidung — 900 ccm H_2O — 100 ccm 5% H_2SO_4 ccm	Stickstoff im Harn %	g
				Schaf I			
21. Mai . . .	11	12	11	1135	1462	0,584	8,545
22. „ . . .	11,5	13,5	13	1520	1410	0,569	8,025
23. „ . . .	12	14	13,5	1650	1416	0,584	8,276
24. „ . . .	12	13,5	13	1100	1462	0,552	8,065
25. „ . . .	13	14	13	1120	1512	0,512	7,745
26. „ . . .	12	12,5	13	610	1520	0,484	7,353
27. „ . . .	12,5	13	13	1115	1541	0,515	7,935
28. „ . . .	13	14	14	650	1651	0,532	8,789
29. „ . . .	13	16	16	1580	1848	0,482	8,915
30. „ . . .	15	16,5	16	1360	2042	0,396	8,079
31. „ . . .	15,5	17	17	1375	1998	0,459	9,162
1. Juni . . .	16	17	17	1225	1891	0,435	8,735
2. „ . . .	16	17	17	1755	2266	0,354	8,015
3. „ . . .	15	15	15	1175	1743	0,448	7,804
Mittel	13,4	14,6	14,3	1241	1697	0,484	8,210
				Schaf II			
21. Mai . . .	11	12	11	655	1446	0,575	8,324
22. „ . . .	11,5	13,5	13	1175	1496	0,623	9,327
23. „ . . .	12	14	13,5	780	1430	0,624	8,927
24. „ . . .	12	13,5	13	765	1438	0,552	7,932
25. „ . . .	13	14	13	1085	1467	0,558	8,186
26. „ . . .	12	12,5	13	1020	1473	0,547	8,061
27. „ . . .	12,5	13	13	875	1422	0,569	8,100
28. „ . . .	13	14	14	1350	1421	0,549	7,814
29. „ . . .	13	16	16	1420	1612	0,504	8,128
30. „ . . .	15	16,5	16	1150	1832	0,397	7,276
31. „ . . .	15,5	17	17	1675	1627	0,421	6,856
1. Juni . . .	16	17	17	1570	1740	0,402	6,989
2. „ . . .	16	17	17	1620	1866	0,418	7,809
3. „ . . .	15	15	15	1320	1579	0,519	8,196
Mittel	13,4	14,6	14,3	1175,7	1560	0,512	7,990

Die Stickstoffbilanz berechnet sich wie folgt:

Tier I.

N aufgenommen im Futter		= 14,20 g
N ausgeschieden im Harn	8,21 g	
N „ „ Kot	5,62 „	= 13,83 „
		+ 0,37 g

Tier II.

N aufgenommen im Futter		= 14,66 g
N ausgeschieden im Harn	7,99 g	
N „ „ Kot	6,75 „	= 14,74 „
		— 0,08 g

Das Körpergewicht betrug bei

Schaf I

am 18. Mai	79,3 Pfd.			am 4. Juni	80,0 Pfd.		
„ 19. „	79,6 „	}	79,3 Pfd.	„ 5. „	79,5 „	}	79,8 Pfd.
„ 20. „	79,1 „			„ 6. „	80,1 „		

Schaf II

am 18. Mai	77,3 Pfd.			am 4. Juni	77,3 Pfd.		
„ 19. „	77,5 „	}	77,3 Pfd.	„ 5. „	77,7 „	}	77,5 Pfd.
„ 20. „	77,2 „			„ 6. „	77,5 „		

Die Gewichtszunahme stellt sich also

bei Tier I auf + 0,5 Pfd.
„ Tier II „ + 0,2 „

Trotz des weiten Nährstoffverhältnisses, das nachstehend berechnet ist, zeigt es sich, daß beide Tiere sicher zum mindesten nicht abgenommen haben.

Der Nähreffekt, die Futterverwertung ist individuell und wird zum großen Teil von dem Temperament des Tieres beeinflußt. So zeigt sich bei Schaf II, das anfänglich längere Zeit etwas aufgeregt war, das aber weiterhin sich an den Aufenthalt im Käfig gut gewöhnte, bei der Stickstoffberechnung eine geringe Unterbilanz. Zur Bestimmung des Nährstoffverhältnisses ist es nötig, den Gehalt an „wirklichem verdaulichem Protein" zu wissen, der sich berechnet aus der Differenz der verdaulichen N haltigen Substanz und dem „Nichtprotein". Da letzteres in seiner ganzen Menge als verdaulich angesehen wird, ist es nur nötig, von der gesamten verdaulichen N haltigen Substanz das Nichtprotein in Abzug zu bringen. Die nach Stutzer ausgeführte Bestimmung ergab folgenden Gehalt des Gesamtproteins an Nichtprotein:

Stroh	0,00 %	Nichtprotein
Erdnußmehl . . .	6,27 %	„
Kartoffeln	45,00 %	„

Der nach der Analyse gefundene Gehalt an Rohprotein stellt sich bei

Erdnußmehl auf 45,81 %
Kartoffeln „ 2,487 %

Der Nichtproteingehalt ist demnach

in 100 g Erdnußmehl = 2,87 g
„ 1000 „ Kartoffeln = 11.19 „

14,06 g

Bei Schaf I beträgt

die verdauliche stickstoffhaltige Substanz . . .	53,63 g
das Nichtprotein	14,06 „
verbleiben „wirklich verdauliches Protein"	**39,57 g**

Es beträgt bei Schaf II

die verdauliche stickstoffhaltige Substanz . . .	49,43 g
das Nichtprotein	14,06 „
verbleiben „wirklich verdauliches Protein"	**35,37 g**

Das Nährstoffverhältnis ist nun „das Verhältnis des verdaulichen wirklichen Proteins zu der Summe, welche sich ergibt, wenn man die verdaulichen stickstofffreien Extraktstoffe, 80 % der löslichen Holzfaser und das Nichtprotein zusammenrechnet und dazu die 2,4fache verdauliche Fettmenge addiert".[1]

Die gefundenen verdauten Mengen in g sind bei

Schaf I

Fett	11,52 · 2,4 =	27,65 g
Stickstofffreie Extraktstoffe	317,20 =	317,20 „
Rohfaser	107,36 · 0,8 =	85,88 „
Nichtprotein	14,06 =	14,06 „
		444,79 g

Die entsprechende Berechnung ergibt bei

Schaf II

Fett	11,51 · 2,4 =	27,62 g
Stickstofffreie Extraktstoffe	334,64 =	334,64 „
Rohfaser	124,26 · 0,8 =	99,41 „
Nichtprotein	14,06 =	14,06 „
		475,73 g

Das Nährstoffverhältnis ist also nach dem Gesagten:

bei Schaf I **39,57 : 444,79 = 1 : 12,2**
„ Schaf II **35,37 : 475,73 = 1 : 13,4**

[1] Nach: Jul. Kühn, Zweckmäßigste Ernährung des Rindviehes, XI. Aufl., S. 280.

Um nun zu prüfen, ob das in den vorliegenden Versuchen gefundene Maß der Verdaulichkeit der Futterstoffe als normal anzusehen ist, soll im folgenden die Berechnung der Futterbestandteile nach den von Julius Kühn angegebenen Zahlen für die mittlere Zusammensetzung der betreffenden Futterstoffe durchgeführt werden.

Da das eine Tier 610 g Stroh, das andere 708 g Stroh pro Tag aufgenommen hat, so kann bei dieser theoretischen Berechnung als Mittel 650 g angenommen werden. — Bei einem Durchschnittsgewicht von 40 kg pro Tier kommen als Tagesration auf 1000 kg Lebendgewicht: 25 kg Kartoffeln, 16,25 kg Roggenstroh, 2,5 kg Erdnußmehl.

Die Futtersätze berechnen sich folgendermaßen:

Auf 1000 kg Lebendgewicht wurden verabreicht		Trockensubstanz	Rohprotein	Verdaul. stickstoffhaltige Substanz	Wirkliches verdaul. Protein	Nichtprotein	Verdauliches Fett	Verdaul. stickstofffreie Extraktstoffe	Aufschließbare Holzfaser
kg	Futtermittel	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg
16,25	Roggenstroh	13,93	0,487	0,102	0,102	—	0,068	1,948	4,004
2,50	Erdnußmehl	2,24	1,187	1,080	0,997	0,083	0,169	0,561	0,032
		16,17	1,674	1,182	1,099	0,083	0,237	2,509	4,036
25,00	Kartoffeln	6,25	0,525	0,341	0,113	0,228	0,037	4,882	0,120
	Zusammen	22,42	2,199	1,523	1,212	0,311	0,274	7,391	4,156
	Die Trockensubstanz der Kartoffeln (6,25 kg) beträgt von der Trockensubstanz des übrigen Futters (16,17 kg) 38,6%. Nach Jul. Kühn (l. c. S. 397) ergibt dies eine Depression von 20,8% bei den stickstoffhaltigen Bestandteilen und von 10,6% bei den stickstofffreien Extraktstoffen nebst der Holzfaser. Es sind daher für Depression zu kürzen				0,229	0,017		0,266	0,428
	Somit verbleiben	22,42	2,199	1,523	0,983	0,294	0,274	7,125	3,728
	Zu den stickstofffreien Extraktstoffen sind als Respirationsmittel zu zählen 80% des aufschließbaren Teiles der Holzfaser = .							2,982	
	Ferner das Nichtprotein:							0,294	
	Mithin ergibt sich als Summe der wirksamen Bestandteile	22,42			0,983		0,274	10,401	

Rechnet man zur Summe der Respirationsmittel (= 10,401) die 2,4fache Fettmenge (0,274 × 2,4) und dividiert in den sich ergebenden Betrag (= 11,059) mit der Menge des wirklichen verdaulichen Proteins (= 0,983), so ergibt sich ein **Nährstoffverhältnis wie 1:11,250.**

Das durch die theoretische Berechnung festgestellte Verhältnis der Nährstoffe ist ein etwas engeres, als bei den praktischen Versuchen; dies ist darauf zurückzuführen,

daß bei letzteren das verdaute wirkliche Protein sich etwas geringer stellt, während die Summe der übrigen Futterbestandteile sich durch den Fütterungsversuch fast genau so berechnete, wie die mit Hilfe der Kühnschen Mittelzahlen angestellte theoretische Feststellung, wie folgende Berechnung zeigt.

Im Mittel stellt sich das verdaute wirkliche Protein bei den Fütterungsversuchen für 1000 kg umgerechnet auf 0,9375 kg, während die theoretische Berechnung **0,983 kg** ergibt.

Die analoge Feststellung aller anderen verdaulichen Futterbestandteile, die bei der Berechnung des Nährstoffverhältnisses in Betracht kommen, ergaben:

durch	Berechnung	11,250 kg
„	den Fütterungsversuch	11,500 „

Dieser Vergleich dürfte wohl beweisen, daß die von den Tieren aufgenommenen Futterbestandteile normal verdaut worden sind.

II. Periode.

Um den Nähreffekt des behandelten Strohes mit möglichster Genauigkeit feststellen zu können, wurden Kraft- und Beifutter in derselben Menge verfüttert wie in der ersten Periode, eine Salzgabe jedoch unterlassen, unter der Annahme, daß durch die Bildung der Natronsalze infolge des Zusatzes von Ätznatron eine Gabe von Kochsalz unnötig geworden sei. Bei den Aufschließungsversuchen, die bereits früher beschrieben worden sind, zeigte es sich, ähnlich wie bei den Versuchen, die von Dr. v. Rudzinsky[1] angestellt wurden, daß der Feuchtigkeitsgehalt ein relativ großer (80 % und darüber), und daß das an dem Boden haftende Stroh schwarzbraun war, während das mehr nach oben lagernde Material eine hellbraune Farbe hatte.

Der hohe Feuchtigkeitsgehalt wurde dadurch begründet, daß das Kondensationswasser in die Gefäße hineinlief; die ungleiche Farbe des behandelten Strohes, woraus auch die ungleiche Aufschließung resultiert, war auf die irrige Annahme zurückzuführen, daß die auf das Stroh geschüttete Lauge sich gleichmäßig verteilen würde. Es zeigte sich jedoch, daß dies nicht der Fall war, daß vielmehr am Boden der Gefäße sich die wässerige Lösung ansammelte. Dieser Übelstand, der bei drehbaren Kugelapparaten ausgeschlossen ist, wurde diesmal dadurch wesentlich vermindert, daß das Stroh erst in Gefäßen aus glasiertem Ton mit der Lauge übergossen, einige Zeit stehen gelassen, und bevor es in den Dämpfapparat kam, mehreremal tüchtig durchmengt wurde. Das so zubereitete Stroh zeigte alsdann nach der Behandlung eine mehr gleichmäßige braune Farbe und besaß einen angenehmen Geruch.

Dem zweiten Mangel wurde dadurch Abhilfe geschafft, daß durch das Anbringen von Schutzplatten an den einzelnen Gefäßen das Hineinlaufen von Kondensations-

[1] A. von Rudno Rudzinsky: „Über die Bedeutung der Pentosane als Bestandteile der Futtermittel, insbesondere des Roggenstrohes." Dissertation, Halle 1903.

wasser verhindert wurde. Der Feuchtigkeitsgehalt reduzierte sich dadurch wesentlich und war bei dem mehrfach ausgeführten Aufschließungsprozesse ziemlich übereinstimmend.

Um den Feuchtigkeitsgehalt des Strohes gleichmäßiger zu erhalten, wurde das aufgeschlossene Stroh in ebendenselben Gefäßen aufbewahrt, die zur Vorbereitung des Strohes mit der Lauge dienten, und mit einer Glasplatte zugedeckt. Zu jedem Aufschließungsprozesse wurde so viel Stroh genommen, daß die Mengen zu drei Tagesrationen ausreichten. Trotz der schon angegebenen Zubereitungsmethode sammelte sich am Boden der Gefäße ein wenig wässeriger Extrakt an, der jedoch, da er nicht verfüttert wurde, bei den vergleichenden Analysen nicht mit in Betracht gezogen werden kann. Die Tatsache z. B., daß in dem behandelten Stroh sich 1% Rohfaser mehr findet, ist wahrscheinlich auf diese geringe Auslaugung zurückzuführen. Die Zusammensetzung des unbehandelten Strohes ist zwar schon angegeben, soll aber der Übersicht und des Vergleiches wegen hier nochmals mit angeführt werden.

Nährstoffe	I unbehandeltes Stroh %	II unbehandeltes Stroh %	I behandeltes Stroh %	II[1] behandeltes Stroh %
Trockensubstanz . . .	**100,00**	**93,01**	**100,00**	**96,63**
Asche	5,39	5,02	6,67	6,45
Rohprotein	3,34	3,12	3,57	3,45
Rohfett	1,89	1,76	1,49	1,44
Rohfaser	49,98	46,48	49,26	47,60
Nfreie Extraktstoffe . .	39,40	36,63	39,01	37,69
	100,00	93,01	100,00	96,63

Bemerkenswerte Unterschiede zeigen der Aschegehalt und der Gehalt an Fett. Die Erhöhung des ersteren ist auf die sich bildenden Natriumsalze zurückzuführen, die Erniedrigung des Fettgehaltes ist durch Verseifung derselben bedingt. — Bei der Vorfütterung, die sich vom 6. bis 15. Juni erstreckte, zeigte sich nun, daß bei einer Gabe von 2000 g frischem behandeltem Stroh, das durchschnittlich 34% lufttrockne Substanz enthielt, bemerkenswerte Reste gelassen wurden. Diese Gabe wurde aber während der Hauptperiode beibehalten; Kraft- und Beifutter war, wie schon erwähnt, in derselben Menge gereicht worden und wurde, wie in der ersten Periode, von beiden Tieren restelos aufgenommen.

Da die tägliche Feststellung der Futterreste wegen des schwindenden Feuchtigkeitsgehaltes ungenaue Zahlen ergeben hätte, wurden dieselben einzeln aufgehoben und am Ende der 14tägigen Hauptperiode als lufttrockne Masse gewogen.

Die Feststellung der Nährstoffe in den Futtermitteln und Futterresten, die Harn- und Kotanalysen wurden genau so ausgeführt wie in der ersten Periode. Die Tagesration, die für beide Tiere die gleiche war, bestand aus 1000 g Kartoffeln, 100 g Erdnußmehl, 2000 g frischem behandeltem Stroh.

[1] I in der Trockensubstanz, II in der lufttrocknen Substanz.

Die analysierten Durchschnittsproben ergaben folgende Werte:

Prozentiger Gehalt von	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stick-stoff	Protein	Fett	Rohfaser	N freie Extrakt-stoffe
Kartoffeln (lufttrocken)	100	91,87	3,20	1,244	7,770	0,23	1,95	78,72
„ (frisch) . .	32	29,39	1,02	0,398	2,487	0,075	0,62	25,19
Erdnußmehl . . .	100	92,55	7,28	7,330	45,810	8,43	8,50	22,53
Roggenstroh (luft-trocken)	100	96,63	6,45	0,55	3,45	1,44	47,60	37,69
Roggenstroh (frisch) .	34,02	32,87	2,19	0,19	1,18	0,49	16,19	12,82

Bei Einsetzung dieser Zahlen ergibt sich in einer Tagesration folgender Nährstoffgehalt:

	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stick-stoff	Protein	Fett	Rohfaser	N freie Extrakt-stoffe
100 g Erdnußmehl .	100	92,55	7,28	7,33	45,81	8,43	8,50	22,53
1000 „ frische Kartoffeln	320	293,95	10,20	3,98	24,87	0,75	6,22	251,91
2000 g frisches behandeltes Roggenstroh	680,4	657,46	43,89	3,76	23,50	9,80	323,87	256,40
	1100,4	1043,96	61,37	15,07	94,18	18,98	338,59	530,84

Um die Mengen der aufgenommenen Nährstoffe festzustellen, müssen die in den Futterresten enthaltenen Nährstoffe in Abzug gebracht werden. Letztere bestanden nur aus Stroh und wurden, wie schon erwähnt, als lufttrockne Masse gewogen.

Datum 1903	Schaf I			Schaf II		
	gabe g	Stroh-rest g	aufnahme g	gabe g	Stroh-rest g	aufnahme g
16. Juni . . .	680,4	116	564,4	680,4	110	570,4
17. „ . . .	680,4	53	627,4	680,4	54	626,4
18. „ . . .	680,4	36	644,4	680,4	12	668,4
19. „ . . .	680,4	55	625,4	680,4	48	632,4
20. „ . . .	680,4	14	666,4	680,4	36	644,4
21. „ . . .	680,4	19	661,4	680,4	14	666,4
22. „ . . .	680,4	16	664,4	680,4	—	680,4
23. „ . . .	680,4	11	669,4	680,4	12	668,4
24. „ . . .	680,4	14	666,4	680,4	55	625,4
25. „ . . .	680,4	8	672,4	680,4	19	661,4
26. „ . . .	680,4	5	675,4	680,4	47	633,4
27. „ . . .	680,4	7,8	672,6	680,4	45	635,4
28. „ . . .	680,4	6	674,4	680,4	24	656,4
29. „ . . .	680,4	5	675,4	680,4	8,8	671,6
	9525,6	365,8	9159,8	9525,6	484,8	9040,8
im Mittel (pro Tag)	680,4	26,13	654,27	680,4	34,63	645,77

Die Untersuchung der Durchschnittsproben der Futterreste hat die nachfolgenden Zahlen ergeben:

% iger Gehalt	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stick-stoff	Protein	Fett	Rohfaser	N freie Extrakt-stoffe
			Futterreste von Schaf I					
Futterreste (luft-trocken)	100	93,52	6,39	0,487	3,05	1,17	45,44	37,47
also sind in 26,13 g lufttrocknen Futterresten . .	26,13	24,44	1,67	0,13	0,81	0,31	11,87	9,78
			Futterreste von Schaf II					
Futterreste (luft-trocken)	100	94,65	6,63	0,487	3,05	1,20	44,88	38,89
also sind in 34,63 g lufttrocknen Futterresten . .	34,63	32,78	2,30	0,17	1,06	0,42	15,54	13,46

Die aufgenommene Menge des Futters ergibt sich aus der nachstehenden Berechnung:

% iger Gehalt	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stick-stoff	Protein	Fett	Rohfaser	N freie Extrakt-stoffe
			Schaf I					
verabreicht	1100,41	1043,96	61,37	15,07	94,18	18,98	338,59	530,84
Reste	26,13	24,44	1,67	0,13	0,81	0,31	11,87	9,78
aufgenommen . . .	1074,18	1019,52	59,70	14,94	93,37	18,67	326,72	521,06
			Schaf II					
verabreicht	1100,41	1043,96	61,37	15,07	94,18	18,98	338,59	530,84
Reste	34,63	32,78	2,30	0,17	1,06	0,42	15,54	13,46
aufgenommen . . .	1065,78	1011,18	59,07	14,90	93,12	18,56	323,05	517,38

Die tägliche Kotausscheidung betrug:

Datum 1903	bei Schaf I			bei Schaf II		
	frisch	lufttrocken		frisch	lufttrocken	
	g	%	g	g	%	g
16. Juni	1 137	42,00	477,54	702	31,25	219,38
17. „	1 425	27,00	384,75	923	38,75	357,66
18. „	1 542	26,00	400,92	1 040	30,50	317,20
19. „	1 367	—	—	917	37,25	341,58
20. „	1 304	29,25	381,42	964	36,75	354,27
21. „	1 442	29,10	419,62	824	40,75	335,78
22. „	1 137	33,25	378,06	798	40,25	321,20
23. „	1 375	30,50	426,25	868	40,00	347,20
24. „	1 468	29,75	436,73	1 060	35,50	376,30
25. „	1 433	28,00	401,24	1 153	35,00	403,55
26. „	1 255	32,75	411,01	1 510	27,50	415,25
27. „	1 443	30,25	443,72	1 143	33,25	380,05
28. „	1 465	29,50	432,18	1 076	36,50	392,74
29. „	1 601	27,10	433,87	1 015	27,15	275,58
	19 394	—	5427,31	13 993	—	4837,74
im Mittel	1 385,29	30,14	417,48	999,50	34,57	345,55

Die prozentische Zusammensetzung des Kotes berechnet sich:

	Luft-trockne Masse	Trocken-substanz	Asche	Stick-stoff	Protein	Fett	Rohfaser	Nfreie Extrakt-stoffe
				bei Schaf I				
lufttrocken	100	93,34	9,72	1,42	8,87	2,34	31,58	40,83
frisch	30,14	28,13	2,93	0,43	2,69	0,71	9,52	12,28
				bei Schaf II				
lufttrocken	100	92,91	11,11	1,48	9,25	2,23	29,27	41,05
frisch	34,57	32,12	3,84	0,51	3,19	0,77	10,12	14,20

Die Umrechnung des prozentigen Gehaltes des Kotes auf die tägliche Gesamtausscheidung ist in nachstehender Tabelle gegeben:

	Trocken-substanz	Asche	Stickstoff	Roh-protein	Rohfett	Rohfaser	Nfreie Extrakt-stoffe
				Schaf I			
1385,29 g Kot enthalten	389,68	40,59	5,96	37,26	9,84	131,88	170,11
				Schaf II			
999,50 „ „ enthalten	321,04	38,38	5,10	31,88	7,70	101,15	141,93

Die Differenz der im Futter aufgenommenen Nährstoffe und der im Kote wieder zur Ausscheidung gelangten, also nicht verdauten Bestandteile, ergibt die Aufnahme durch die Verdauung.

Die Berechnung ist durch folgende Zahlen gegeben:

	Trockensubstanz	Asche	Stickstoff	Rohprotein	Rohfett	Rohfaser	Nfreie Extraktstoffe
			Schaf I				
Im Futter aufgenommen	1019,52	59,70	14,94	93,37	18,67	326,72	521,06
1385,29 g Kot enthalten	389,68	40,59	5,96	37,26	9,84	131,88	170,11
verdaut	629,84	19,11	8,98	56,11	8,83	194,84	350,95
oder							
in Prozenten berechnet .	61,79%	32,01%	60,11%		47,29%	59,64%	67,35%
			Schaf II				
Im Futter aufgenommen	1011,18	59,07	14,89	93,12	18,56	323,05	517,38
999,5 g Kot enthalten .	321,04	38,38	5,10	31,88	7,70	101,15	141,93
verdaut	690,14	20,69	9,79	61,24	10,86	221,90	375,45
oder							
in Prozenten berechnet .	68,25%	35,03%	65,77%		58,51%	68,69%	72,57%

Die tägliche Stickstoffausscheidung im Harn gibt folgende Aufstellung, in der zugleich die zu jeder Mahlzeit beobachtete Stalltemperatur, sowie die tägliche Wasseraufnahme angegeben ist.

Schaf I

Datum	Stalltemperatur morgens	mittags	abends	Wasseraufnahme	Harnausscheidung + 900 ccm H_2O + 100 ccm 5% H_2SO_4	Stickstoff im Harn	
1903	° C	° C	° C	ccm	ccm	%	g
16. Juni . . .	17,5	18	18	760	2078	0,298	6,201
17. „ . . .	16	18,5	18	440	2079	0,292	6,074
18. „ . . .	16	18	18	340	2015	0,252	5,087
19. „ . . .	18	21	21	710	1674	0,243	4,064
20. „ . . .	19	20	20	740	1700	0,244	4,156
21. „ . . .	18	19	18	540	2097	0,255	5,340
22. „ . . .	18	19	18	510	1891	0,289	5,466
23. „ . . .	16	18	17,5	230	1941	0,281	5,450
24. „ . . .	16,5	17,5	17,5	330	1999	0,248	4,969
25. „ . . .	17	19	19	325	1970	0,242	4,773
26. „ . . .	17,5	20	20	90	1996	0,238	4,768
27. „ . . .	18	20	20	640	1878	0,273	5,130
28. „ . . .	18	20	21	895	1773	0,271	4,826
29. „ . . .	19	20	20	765	1803	0,250	4,508
Mittel	17,5	19,1	19	522,5	1921	0,263	5,058

Schaf II

Datum 1903	Stalltemperatur morgens ° C	mittags ° C	abends ° C	Wasseraufnahme ccm	Harnausscheidung − 900 ccm H_2O + 100 ccm 5% H_2SO_4 ccm	Stickstoff im Harn %	g
16. Juni . . .	17,5	18	18	440	1922	0,316	6,072
17. „ . . .	16	18,5	18	440	2221	0,275	6,099
18. „ . . .	16	18	18	160	2191	0,259	5,668
19. „ . . .	18	21	21	—	2007	0,307	6,174
20. „ . . .	19	20	20	65	2582	0,258	6,686
21. „ . . .	18	19	18	220	2349	0,266	6,256
22. „ . . .	18	19	18	—	2070	0,291	6,045
23. „ . . .	16	18	17,5	325	2076	0,210	5,804
24. „ . . .	16,5	17,5	17,5	140	2083	0,289	6,035
25. „ . . .	17	19	19	60	1906	0,263	5,009
26. „ . . .	17,5	20	20	—	1847	0,298	5,518
27. „ . . .	18	20	20	910	2064	0,276	5,698
28. „ . . .	18	20	21	110	2085	0,235	4,914
29. „ . . .	19	20	20	460	2088	0,223	4,664
Mittel	17,5	19,1	19	237,8	2106	0,274	5,76

Die täglich im Futter aufgenommenen Stickstoffmengen abzüglich der Summen der im Kot und Harn ausgeschiedenen Mengen an Stickstoff ergeben die täglich zum Ansatz gelangenden Stickstoffmengen. Diese Bilanz stellt sich wie folgt bei

Schaf I

N aufgenommen im Futter = 14,94 g
N ausgeschieden im Harn 5,06 g
N „ „ Kot 5,96 „ = 11,02 „
+ **3,92 g**

Schaf II

N aufgenommen im Futter = 14,89 g
N ausgeschieden im Harn 5,76 g
N „ „ Kot 5,10 „ = 10,86 „
+ **4,03 g**

Dementsprechend war auch die Körpergewichtszunahme der Tiere eine größere als in der vorhergehenden Periode.

Schaf I wog

am 14. Juni	81,6 Pfd.		am 30. Juni	84,0 Pfd.	
„ 15. „	82,0 „	81,7 Pfd.	„ 1. Juli	83,6 „	83,8 Pfd.
„ 16. „	81,4 „		„ 2. „	84,0 „	

Gewicht des Schafes II

am 14. Juni 79,0 Pfd.		am 30. Juni 81,4 Pfd.	
„ 15. „ 78,7 „	78,9 Pfd.	„ 1. Juli 81,8 „	81,5 Pfd.
„ 16. „ 79,1 „		„ 2. „ 81,3 „	

Die Gewichtszunahme beträgt also:

bei Schaf I 2,1 Pfd.
„ Schaf II 2,6 „

Es handelt sich vorerst darum, diese relativ hohe Zunahme von durchschnittlich 2,35 Pfd. innerhalb 14 Tagen zu erklären, zumal doch Kraft- und Beifutter dasselbe geblieben, und die lufttrockne Masse des gedämpften Strohes nicht derart erheblich von der lufttrocknen Masse des ungedämpften Strohes abweicht.

Der Stickstoffansatz in der ersten Periode betrug im Durchschnitt **0,14 g** pro Tag, in der zweiten Periode hingegen **3,97 g** pro Tag, also 3,83 g mehr. Unter Berücksichtigung der individuellen Verwertung der Nährstoffe zeigt sich bei beiden Tieren in allererster Linie eine fast um das Doppelte gesteigerte Erhöhung der Verdaulichkeit der Rohfaser, und es ist zunächst anzunehmen, daß eben dieses Mehr an der verdauten aufgeschlossenen Rohfaser das in dem Futter verabreichte Eiweiß vor der Verwendung zu Respirationszwecken geschützt hat. Es zeigen die Ergebnisse, die bei Tier I erzielt wurden, deutlich, was Knieriem, Henneberg, F. Lehmann, P. Holdefleiß, G. Kühn u. a. bewiesen, daß die verdaute Rohfaser eine eiweißsparende Wirkung ausübt.

Die weitere vergleichende Betrachtung zeigt bei beiden Tieren fernerhin, daß die verdauten Aschebestandteile fast um das Dreifache gesteigert sind, sich von durchschnittlich 11,54 % auf 33,52 % erhöhten. Diese sehr bedeutende Erhöhung ist zum Teil auf die Kieselsäure zurückzuführen, die durch die Behandlung mit Natronlauge in Natriumsilikat übergeführt und in dieser Form leichter verdaut worden ist. Die gut übereinstimmende Verdaulichkeit der Aschebestandteile, die bei beiden Tieren erzielt worden ist, dürfte weiter wohl beweisen, daß die sich bildenden Natronsalze zum größten Teile vom Tierorganismus resorbiert werden.

Die gesteigerte Verdaulichkeit des Proteins bei Schaf II in der zweiten Periode ist wohl darauf zurückzuführen, daß das Tier, wie früher schon erwähnt, in der ersten Periode unruhig, später sich jedoch sehr gut an den Aufenthalt im Käfige gewöhnte.

Die an diese günstigen praktischen Versuche anzuschließende Rentabilitätsberechnung läßt sich nach zwei Seiten hin anstellen. In erster Linie kann der durch das Dämpfen des Strohes erzielte Gewinn an nutzbaren Nährstoffeinheiten berechnet werden, ferner kann der Stickstoffansatz resp. die Fleischbildung in Betracht gezogen werden.

Um bei der erstgenannten Kalkulation genaue Resultate zu erhalten, ist es notwendig, den Gehalt der verfütterten Strohmengen der ersten Periode auf die gleichen Trockensubstanzmassen in der zweiten Periode umzurechnen.

Die aufgenommenen Trockensubstanzmengen betragen bei

Schaf I

in Periode I 912,12 g

„ „ II 1019,52 „

Schaf II

in Periode I 1005,35 g

„ „ II 1011,18 „

Die Zahlen der einzelnen verdauten Nährstoffe der ersten Periode müssen demgemäß bei

Tier I mit dem Faktor $\frac{1019{,}52}{912{,}12}$

Tier II „ „ „ $\frac{1011{,}18}{1005{,}35}$

multipliziert werden und die sich hieraus ergebenden Werte von den dazugehörigen Zahlen der verdauten Nährstoffe der zweiten Periode in Abzug gebracht werden.

Die Berechnung stellt sich demgemäß wie folgt:

	Trockensubstanz	Asche	verdaul. Protein	wirkliches verdautes Protein	Nichtprotein	Fett	Rohfaser	N freie Extraktstoffe
	Schaf I hat verdaut unter Annahme gleicher Trockensubstanz des Futters:							
Periode II	629,84	19,11	56,11	42,05	14,06	8,83	194,84	350,95
„ I	552,67	5,26	59,95	44,23	15,72	12,88	120,01	354,57
	+ 77,17	+ 13,85	— 3,84	— 2,18	— 1,66	— 4,05	+ 74,83	— 3,62
					+ 77,17			
	Schaf II hat unter gleicher Annahme verdaut:							
Periode II	690,14	20,69	61,24	47,18	14,06	10,86	221,90	375,45
„ I	529,55	6,59	49,73	35,59	14,14	11,58	125,00	336,65
	+ 160,59	+ 14,10	+ 11,51	+ 11,59	— 0,08	— 0,72	+ 96,90	+ 38,80
					+ 160,59			

Unter Annahme des Wertsverhältnisses der verschiedenen Nährstoffgruppen nach Jul. Kühn stellt sich die weitere Ausführung folgendermaßen.

Der Gewinn an Nährstoffeinheiten bei der Verfütterung von behandeltem Stroh gegenüber dem unbehandelten berechnet sich bei Schaf I bei Verabreichung von 654,27 g lufttrockner Masse von behandeltem Stroh auf:

74,83 g	Rohfaser		× 0,8 = 59,86 g	
— 3,62 „	stickstofffreie Extraktstoffe	= 3,62 g		
— 4,05 „	Fett	× 2,4 = 9,72 „		
1,66 „	Nichteiweiß	= 1,66 „		
2,18 „	Eiweiß	× 6 = 13,08 „		— 28,08 „
				31,78 g

In 100 kg behandeltem Stroh (lufttrocken gewogen) ergibt sich also ein Plus laut nachstehender Gleichung von 4,85 Nährstoffeinheiten

$$\frac{100}{0{,}65427} = \frac{x}{0{,}03178},\ x = 4{,}86.$$

Die tägliche Aufnahme an lufttrocknem behandeltem Stroh betrug bei Schaf II 645,67 g, in dem gemäß der angestellten Berechnung mehr verdaut sind als in der gleichen Menge lufttrocknem unbehandeltem Stroh:

+ 11,59 g	wirkliches Protein	× 6	=	69,54 g
+ 96,90 „	Rohfaser	× 0,8	=	77,52 „
+ 38,80 „	stickstofffreie Extraktstoffe		=	38,80 „
				+ 185,86 g
— 0,08 „	Nichteiweiß		= 0,008	
— 0,72 „	Fett	× 2,4	= 1,718	— 1,74 „
				+ 184,12 g

In 100 kg lufttrocknem behandeltem Stroh sind 28,52 Nährstoffeinheiten mehr, wie der nachstehende Ansatz zeigt:

$$\frac{100}{0{,}64567} = \frac{x}{0{,}18412},\ x = 28{,}52.$$

(Die sehr erhebliche Differenz, die sich bei der Berechnung der Nährstoffeinheiten ergeben hat, ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß das Tier II das Protein in den zwei Perioden sehr ungleich verdaut hat.)

Durchschnittlich ist also ein Mehr von 16,69 Nährstoffeinheiten pro Doppelzentner erzielt worden, soweit hier eine Durchschnittsberechnung bei dem stark abweichenden Verhalten der Tiere zulässig ist.

Der Geldwert einer Nährstoffeinheit beträgt nach Jul. Kühn[1] bei einem Heupreise von

M. 3,— pro 100 kg Heu	4,28 Pf.,	also hier ein Gewinn von	4,28 · 16,68	= 0,71 M.
„ 3,50 „ 100 „ „	= 4,99 „	„ „ „ „ „	4,99 · 16,68	= 0,85 „
„ 4,00 „ 100 „ „	= 5,70 „	„ „ „ „ „	5,70 · 16,68	= 0,95 „
„ 4,50 „ 100 „ „	= 6,41 „	„ „ „ „ „	6,41 · 16,68	= 1,07 „
„ 5,00 „ 100 „ „	= 7,13 „	„ „ „ „ „	7,13 · 16,68	= 1,19 „
„ 6,00 „ 100 „ „	= 8,55 „	„ „ „ „ „	8,55 · 16,68	= 1,43 „
„ 7,00 „ 100 „ „	= 9,98 „	„ „ „ „ „	9,98 · 16,68	= 1,67 „
„ 7,50 „ 100 „ „	= 10,67 „	„ „ „ „ „	10,67 · 16,68	= 1,79 „

Lehmann berechnet nun die Herstellungskosten für 100 kg Stroh auf 1,75 M. Nach der angestellten Berechnung würden also erst die Unkosten bei dem hohen Preise

[1] Nach: Jul. Kühn, Die zweckmäßigste Ernährung des Rindviehes, XI. Aufl., S. 210.

von 7,50 M. pro Doppelzentner Heu gedeckt werden, ein Gewinn unter normalen Umständen also nicht zu erzielen sein.

Der zweite Weg, um die Rentabilität festzustellen, ist in der Lebendgewichtzunahme gegeben. — Als ein absolut sicherer Maßstab kann die Zunahme für sich allein nicht angesehen werden, es wird jedoch dieselbe hier durch den täglichen Stickstoffansatz bestätigt.

Die durchschnittlich pro Tag zum Ansatz gelangende Stickstoffmenge betrug 3,97 g, deren Umrechnung auf Eiweiß 24,81 g ergibt. In 14 Tagen sind demgemäß 347,34 g Eiweiß zum Ansatz gelangt.

Nach Stutzer[1] enthalten 100 g Fleisch 22 g Eiweiß, es müssen also theoretisch gerechnet 1579 g = 3,16 Pfd. Fleisch gebildet worden sein. Die Gewichtszunahme, die aus 3 Wägungen berechnet worden ist, beträgt durchschnittlich 2,35 Pfd.

In Anbetracht des schwankenden Wassergehaltes des Fleisches sind die gefundenen Zahlen als leidlich übereinstimmend mit dem theoretisch berechneten Werte anzusehen. — Bei der weiteren Berechnung ist nun einerseits der Geldwert des angesetzten Fleisches, anderseits sind die Herstellungskosten für die Aufschließung des Strohes festzustellen.

Bei einem Preise von 0,50 M. pro Kilogramm Lebendgewicht ist ein Gewinn von 0,59 M. erzielt, der lediglich durch die bessere Verdauung des behandelten Strohes erzielt worden ist.

Die Durchschnittsaufnahme an lufttrocknem behandeltem Stroh betrug pro Tag 0,685 kg, während des 14tägigen Versuches sind also 9,590 kg verzehrt worden. — Lehmann berechnet, wie erwähnt, die Kosten der Aufschließung pro 100 kg auf 1,75 M.; die Ausgaben für die verfütterten 9,590 kg behandeltes Stroh stellen sich also auf 0,17 M., die von dem berechneten Werte des angesetzten Fleisches in Abzug zu bringen sind, so daß also für die verfütterten 9,59 kg ein Gewinn von 0,42 M. verbleibt. Die Umrechnung auf einen Doppelzentner ergibt nach dieser Berechnung einen Reingewinn von 4,38 M. Der Widerspruch in den Resultaten der beiden Berechnungsarten ist nur ein scheinbarer. Bei Verfütterung des unbehandelten Strohes reichte die Menge der Kohlenhydrate ungefähr zur Erhaltung des Körpergewichtes aus; durch die aus dem gedämpften Stroh mehr aufgenommenen Kohlenhydrate wurde erst eine Gewichtszunahme erzielt. Das Mehr bei der Aufnahme kommt dann fast vollständig im Gewinn zum Ausdruck. Die 16,68 Nährstoffeinheiten, welche 100 kg gedämpftes Stroh mehr enthalten als nicht gedämpftes, haben durch Erhöhung des Körpergewichtes einen Gewinn von 4,38 M. ergeben; eine Einheit also $\frac{438}{16{,}68} = 26$ Pf., ein Wert, der natürlich weit über die oben angenommenen Zahlen hinausgeht.

[1] Nach: Landwirtschaftlichem Kalender von O. Mentzel und A. von Lengerke, Berlin 1903, I. Teil S. 91.

Es ist früher schon festgestellt worden, daß in Deutschland zur Fütterung ca. 20 000 000 Tonnen Stroh übrigbleiben; würden auch nur 25 % desselben mit Natronlauge behandelt und wie oben verwertet, so wäre der enorme Überschuß von mehr als 200 000 000 M. zu erzielen.

Abgesehen von dieser Mehreinnahme wäre es jedoch durch das Dämpfen des Strohes der deutschen Landwirtschaft ermöglicht, sich vom Auslande unabhängiger zu machen. Die Untersuchungen haben im gewissen Sinne ergeben, daß vor allem die Rohfaser, also ein Kohlenhydrat, erheblich besser verdaut wird, und gerade kohlenhydratreiche Futtermittel bezieht die deutsche Landwirtschaft besonders reichlich vom Auslande. Es möge hier auf die Angaben der Statistik des Deutschen Reiches[1] verwiesen sein, die zeigt, daß kohlenhydratreiche Futtermittel bei uns in großen Mengen eingeführt werden. Im Jahre 1900 betrug die Einfuhr

an Mais	13 841 573	Doppelzentner
„ Hafer	4 623 514	„

Das Resultat dieser Versuche hat für Sandboden eine besondere Bedeutung, wo Kartoffeln und Roggen die Hauptfrüchte darstellen. Die Lieferung von verdaulichen Kohlenhydraten ist daselbst durch das Dämpfen des Strohes in erhöhtem Maße gesichert.

Es ist wohl anzunehmen, daß eine derartig hohe Verwertung des aufgeschlossenen Strohes, wie sie hier erzielt wurde, bei einer proteinreicheren Futterration nicht zu erzielen ist.

Eine Berechnung des Nährstoffverhältnisses, wie es sich durchschnittlich in der zweiten Periode stellt, möge hier folgen.

Die Tiere verdauten durchschnittlich:

14,06 g	Nichtprotein		= 14,06 g
9,84 „	Fett	× 2,4	= 23,62 „
363,20 „	stickstofffreie Extraktstoffe		= 363,20 „
208,37 „	Rohfaser	× 0,8	= 166,70 „
			567,58 g

ferner 44,61 g wirkliches verdauliches Protein.

Pro 1000 kg Lebendgewicht sind also 1,09 kg wirkliches verdauliches Protein gegeben worden, bei dem sehr weiten Nährstoffverhältnis von 1 : 12,5. —

Interessant und von praktischer Bedeutung wäre es, in einer weiteren Untersuchung festzustellen, ob die oben ausgesprochene Vermutung, daß bei einer stärkeren Stickstoffgabe die Rentabilität sich nicht so hoch stelle, ihre Bestätigung finden würde.

[1] Statistik des Deutschen Reiches, Neue Folge, Bd. 136, Auswärtiger Handel des deutschen Zollgebietes im Jahre 1900 S. 7.

Die Resultate der vorliegenden Arbeit lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

I. Durch die Behandlung mit Natronlauge haben nachstehende Veränderungen stattgefunden:

a) Der **Aschegehalt** wird durch die entstehenden Natronsalze im gedämpften Stroh erhöht gegenüber dem ungedämpften.

b) Der Gehalt an **Kieselsäure** wird durch die Aufschließung mit Ätznatron im behandelten Stroh vermindert. Bei dieser Umsetzung wird ein Teil der Lauge verbraucht unter Bildung von Natriumsilikat, welches zum Teil ausgelaugt wird.

c) Die **Rohfaser** hat durch das Dämpfen mit Natronlauge bemerkenswerte Veränderungen erlitten:

α) Die Pentosane haben eine Umwandlung erfahren, vermutlich dergestalt, daß sich Pentonsäuren bildeten, die durch die Behandlung mit Natronlauge in Essigsäure, Buttersäure, Milchsäure und Oxalsäure gespalten werden.

β) Aus dem Lignin bilden sich zum Teil vermutlich Huminstoffe.

γ) Ein Teil der Zellulose wird wahrscheinlich durch das Kochen im Autoklaven in Glykose gespalten, die dann durch die vorhandene Natronlauge in Milchsäure übergeführt wird.

d) Die aus dem getrockneten Filtratrückstande gewonnene Extraktmenge ist bei dem gedämpften Stroh fast doppelt so hoch als bei dem ungedämpften.

e) Das analysierte Filtrat zeigt, daß der Gehalt an Reineiweiß und Rohprotein durch das Dämpfen nicht wesentlich verändert wurde.

f) Die im Filtrate des ungedämpften und gedämpften Strohes vorhandenen flüchtigen Säuren verhalten sich in ihrer Menge wie 1 : 4.

g) Dieses Mehr an flüchtigen Säuren im gedämpften Stroh und die Bindung des Ätznatrons an die Kieselsäure erklären im wesentlichen die saure Reaktion des mit Natronlauge behandelten Strohes.

h) In den Lösungen des gedämpften Strohes sind erheblich mehr Pentosane gefunden worden; ein Teil der unlöslichen Pentosane ist also durch die Behandlung mit Natronlauge in lösliche Formen umgewandelt worden.

II. Die vergleichende Betrachtung der Verdaulichkeit der einzelnen Nährstoffe im unbehandelten und im behandelten Stroh zeigt erhebliche Unterschiede.

i) Die verdauten Aschebestandteile im gedämpften Stroh sind fast um das Dreifache höher als im ungedämpften; die sich bildenden Natronsalze werden also zum größten Teile vom Tierorganismus resorbiert.

k) Die Verdaulichkeit der Rohfaser ist im aufgeschlossenen Stroh fast doppelt so hoch als in dem nicht aufgeschlossenen Stroh gewesen.

l) Da die Menge des Kraft- und Beifutters während der ganzen Dauer der Versuche dieselben geblieben, und die lufttrockne Masse des gedämpften Strohes nicht erheblich von der lufttrocknen Masse des ungedämpften Strohes abwich, so ist der erhebliche Stickstoffansatz und die Zunahme des Lebendgewichts nur auf das Mehr der verdauten aufgeschlossenen Rohfaser zurückzuführen, woraus weiter auch hier zu folgern ist, daß

m) die verdaute Rohfaser eine eiweißsparende Wirkung ausgeübt hat.

III. Das gedämpfte Stroh wurde von den Schafen gern gefressen.

IV. Der Gewinn, den das Dämpfen des Strohes ergab, war, in Geldwert ausgedrückt, ein beträchtlicher.

Die vorliegende Arbeit ist auf Anregung und unter der Leitung von Seiner Exzellenz dem Wirklichen Geheimen Rat Herrn Professor Dr. Julius Kühn ausgeführt.

Für das gütige Interesse, das mir Seine Exzellenz entgegenbrachte, sowie für die wertvollen Ratschläge, die mir zuteil wurden, erlaube ich mir Seiner Exzellenz an dieser Stelle nochmals meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. —

Desgleichen möchte ich es nicht versäumen, den Herren Professoren Baumert und Holdefleiß für die mir während der ganzen Dauer der Versuche in so liebenswürdiger Weise erteilten Ratschläge bestens zu danken.

Lebenslauf.

Ich, Karl Altmannsberger, bin am 21. August 1874 zu Darmstadt geboren. Ich bin evangelischer Konfession. Meine Schulbildung erhielt ich vorerst auf der Realschule zu Bad Homburg, die ich zu Ostern 1891 mit der Berechtigung zum Einjährig-Freiwilligen-Dienst verließ, um mich dem Bankfache zu widmen. Nach beendigter Lehrzeit hatte ich mich aus gesundheitlichen Rücksichten entschlossen, praktischer Landwirt zu werden. Von Ostern 1894 bis Herbst 1896 war ich auf verschiedenen Gütern praktisch tätig und bezog im Herbst 1896 die Universität Halle, um daselbst Landwirtschaft zu studieren. Im Herbst 1898 ließ ich mich beurlauben zwecks Absolvierung des Abiturientenexamens an einem Realgymnasium. Nach fünfmonatlicher Vorbereitung trat ich alsdann zu Ostern 1899 in die Oberprima der „Woehlerschule" zu Frankfurt a. M. ein und bestand daselbst zu Ostern 1900 die Reifeprüfung. Ich setzte alsdann zu Halle a. S. meine Studien weiter fort und absolvierte im Januar 1903 daselbst das landwirtschaftliche Staatsexamen. Hierauf studierte ich noch weiter und führte in dieser Zeit vorliegende Arbeit aus.

Während meiner Studienzeit hörte ich Vorlesungen bei den Herren Dozenten: Arndt, Conrad, Dorn, von Fritsch, Grenacher, P. Holdefleiß, Kirchhoff, Klebs, Kühn, Kraus, Maercker †, Pütz †, Riehl, Vaihinger, Volhard, Zopf.

Praktika besuchte ich bei den Herren: Doebner, Dorn, Fraenkel, von Fritsch, Grenacher, P. Holdefleiß, Klebs, Kühn.

Den genannten Herren, insbesondere Seiner Exzellenz dem Wirklichen Geheimen Rate Herrn Professor Dr. Jul. Kühn, auf dessen Anregung und unter dessen Leitung vorliegende Arbeit ausgeführt wurde, sage ich an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank.

Roßberg'sche Buchdruckerei, Leipzig.